



**Pedro
Isidoro Prata**

**Sistemas de Localização para Ambientes Interiores
baseados em RFID**



**Pedro
Isidoro Prata**

**Sistemas de Localização para Ambientes Interiores
baseados em RFID**

Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Engenharia Electrónica e Telecomunicações, realizada sob a orientação científica do Dr. Nuno Borges de Carvalho, Professor Associado do Departamento de Electrónica, Telecomunicações e Informática da Universidade de Aveiro

Dedico este trabalho à minha família, em particular à minha avó.

o júri

presidente

Prof. Dr. José Carlos Pedro
Professor Catedrático da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Nuno Borges de Carvalho
Professor Associado da Universidade de Aveiro

Prof. Dr. Rafael Ferreira Cadeirinha
Professor Coordenador do Instituto Politécnico de Leiria

agradecimentos

À minha avó, avô, pai, mãe e irmão por todo o apoio e força dados, que me permitiram alcançar todas as metas. À Carina por estar sempre ao meu lado. Ao Prof. Nuno Borges por todos os conselhos, ajuda e orientação prestada. Aos meus colegas e ex-colegas de curso por todo o apoio. À minha amiga Alexandra pela ajuda na elaboração gráfica de algumas partes deste documento. Ao IT de Aveiro por me permitir o uso do laboratório de RF. À Wavecom por tornar este trabalho possível e dar-me a hipótese de o implementar na realidade, o que torna tudo mais aliciante. Aos meus colegas de trabalho por toda a ajuda e compreensão durante a escrita deste documento. A todos, obrigado.

palavras-chave

Reader, tag, RFID, localização, stock, identificação, armazém, UHF, antena, logística, EPC C1 G2, ISO 18000.

resumo

Hoje em dia, a eficiência da cadeia de logística é cada vez mais um factor decisivo na maioria dos negócios; torna-se assim crucial saber de imediato onde se encontram determinados itens. Identificar um cliente de uma loja pode ser também uma mais-valia na hora de otimizar o atendimento ao mesmo, personalizando o serviço. Este documento visa um estudo para solucionar os problemas levantados por estas crescentes necessidades. Desta forma, é apresentado um sistema de localização para grandes armazéns e um sistema de identificação para lojas.

keywords

Reader, tag, RFID, location, stock, identification, warehouse, UHF, antenna, supply-chain, EPC C1 G2, ISO 18000.

abstract

Nowadays the supply-chain efficiency is plays a decisive role in most business and is becoming crucial to know quickly where are certain items, Identifying a shop client can also be an advantage when it's needed to optimize the service and even customize it. This document provides a study to solutions that generated by these rapidly growing problems. Consequently, it's presented a location system to big warehouses and an identifying system to shop.

Índice

1 - Introdução	13
1.1 - Motivação	13
1.2 - Objectivos	15
1.3 - Estrutura do documento	16
2 - RFID.....	19
2.1 - Background histórico	21
2.2 – Constituição do sistema	27
2.3 - Tipos de <i>tags</i>	29
2.3.1 - <i>Tags</i> passivas.....	29
2.3.2 - <i>Tags</i> activas	33
2.3.3 - <i>Tags</i> semi-passivas ou semi-activas	35

2.3.4 - Comparação	36
2.4 - Armazenamento	38
2.4.1 – <i>Read only</i>	38
2.4.2 – <i>Write Once, Read many</i>	39
2.4.3 – <i>Write Once, Read many</i>	39
2.5 - Frequências de operação e potências máximas	40
2.6 - Modos de funcionamento	43
2.7 - Protocolos.....	46
2.8- Exemplos de aplicações existentes no mercado.....	48
2.8.1 – Via Verde.....	48
2.8.2 – Monitorização da recolha de lixo usando RFID.....	50
2.9 - Sumário sobre RFID	51
3 – Análise de Mercado.....	53
3.1 – Alien.....	54
3.2 – Alvin Systems.....	58
3.3 – Assa Abloy Identification Technologies.....	59
3.4 – ASK.....	61
3.5 – Skyetek.....	63
3.7 – Ipico	69
3.8 – Caen	72
4 – Sistema de localização para armazéns.....	75
4.1 – Descrição	75
4.2 – Requisitos do sistema.....	77
4.3 – Diagrama de operação	79

4.4 – Identificação de um produto.....	82
4.5 – Localização.....	83
4.5.1 – Localização – Hipótese 1	83
4.5.2 – Localização – Hipótese 2.....	85
4.6 – Comentários sobre sistema de localização para armazéns	87
5 – Sistema de identificação de clientes.....	89
5.1 – Descrição	89
5.2 – Modo de operação.....	91
5.3 – Escolha do fabricante a adoptar para a implementação da solução.....	93
5.4 – <i>Link-Budget</i> baseado no modelo de dois raios.....	95
5.5 – Medições de espectro.....	100
6 - Trabalho futuro	103
7 - Bibliografia	105
A - Princípio de funcionamento e normas de <i>tags</i> UHF	107
A.1 - Alcance de leitura e potência	107
A.1.1 – <i>Near field</i> e <i>far field</i>	108
A.2 – Normas para <i>tags</i> UHF	110
A.2.1 - ISO 18000.....	110
A.2.2 – EPC (<i>Electronic Product Code</i>)	111
A.3 – Resumo da norma EPC C1 G2.....	114
A.3.1 - Introdução	115
A.3.2 – Requisitos do protocolo	116
A.3.2.1 – Camada física	116
A.3.2.2 – Camada de identificação da tag.....	117
A.3.3 – Procedimento de operação $R \Rightarrow T$	118

A.3.3.1 – Frequências de operação	118
A.3.3.2 – Comunicações do reader para a tag (R=>T)	118
A.3.3.3 – Precisão da frequência do reader.....	119
A.3.3.4 – Modulação	119
A.3.3.5 – Codificação de dados	121
A.3.3.6 – Valores do Tari.....	121
A.3.3.7 – Envolvente R=>T	121
A.3.3.8 – Forma de onda no power-up do reader	122
A.3.3.9 – Forma de onda no power-down do reader	122
A.3.4 – Procedimento de operação T=>R	125
A.3.4.1 – Modulação	125
A.3.4.2 – Codificação de dados	126
A.3.4.3 – Valores de Tari e ritmos de dados suportados	129
A.3.4.4 – Tempos de power-up	130
A.3.4.5 – Especificações de fabrico	130
Anexo B – Localização	133
B.1 - Auto – Posicionamento e Posicionamento remoto	134
B.2 - Auto – Posicionamento Indirecto e Posicionamento Remoto Indirecto.....	135
B.3 - Técnicas de Sistemas de Localização	136
B.3.1 - <i>Dead-Reckoning</i>	136
B.3.2 - Vantagens e Desvantagens do <i>Dead-Reckoning</i>	138
B.3.3 - Sistemas de Proximidade.....	138
B.3.4 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Proximidade	139
B.3.5 – Principais Métodos de Localização.....	139
B.3.6 - Potência do Sinal.....	140
B.3.7 - Ângulo de chegada.....	142
B.3.8 - Método por Tempos	144

B.3.9 - Medição por Fase	146
B.3.10 - Transmissão do Pulso	146
B.3.11 - Técnicas de Espalhamento Espectral.....	147
B.3.12 - Vantagens e Desvantagens dos métodos anteriores.....	147
B.4 - Fontes de erros em Rádio-localização	148
B.4.1 - Propagação Multi-percursos	148
B.4.2 - Propagação NLOS	149

Índice de Figuras

Figura 1 – Antigos sistemas de RADAR [24]	22
Figura 2 - Primeira patente de RFID [24].....	24
Figura 3 - Avião com sistema de RADAR	25
Figura 4 – Evolução histórica [18]	25
Figura 5 - Diagrama de um sistema RFID [19]	27
Figura 6 - Cartões com RFID passiva embebida	30
Figura 7 - Componentes de uma <i>tag</i> passiva [23].....	31
Figura 8 - <i>Tag</i> passiva UHF de pequenas dimensões	31
Figura 9 - Componentes básicos do <i>microchip</i> [23]	32
Figura 10 - Antenas para <i>tags</i> UHF [18]	32
Figura 11 - <i>Tags</i> activas	33

Figura 12 - Componentes de uma <i>tag</i> activa [23].....	34
Figura 13 - Componentes de uma <i>tag</i> semi-activa [23]	35
Figura 14 - <i>Tag</i> semi-activa da Via Verde [17]	36
Figura 15 - Regiões com as mesmas regulamentações RFID	40
Figura 16 - Potências máximas permitas por frequência em RFID [18]	42
Figura 17 - Tipos de comunicação para os dois princípios de funcionamento em RFID [19]	44
Figura 18 - Principais características dos modos FDX, HDX e SEQ [19].....	45
Figura 19 - Sistema de pagamento de portagens com Via Verde [17].....	49
Figura 20 - Sistema de pagamento de estacionamento com Via Verde [17]	49
Figura 21 - Sistema de pagamento de combustível da Via Verde [17]	49
Figura 22 - Monitorização da recolha de lixo recorrendo a RFID [8]	50
Figura 23 - Leitor Alien ALR-8800 [4]	54
Figura 24 - Especificação do ALR-8800 [4]	55
Figura 25 - <i>Tags</i> da Alien [4].....	56
Figura 26 - Antenas, <i>reader</i> e <i>tags</i> Alien (UHF) [4]	57
Figura 27 - <i>Reader</i> UHF da Alvin Systems [5]	58
Figura 28 - <i>Tags</i> em formato de cartão da Assa Abloy [3]	59
Figura 29 - Características UHF da <i>tag</i> da Assa Abloy [3]	60
Figura 30 - <i>Tags</i> UHF da ASK [6]	61
Figura 31 - Especificações das <i>tags</i> UHF da ASK [6]	62
Figura 32 - <i>Reader</i> UHF da Skyetek [15].....	63
Figura 33 - Características do <i>reader</i> da Skyetek (parte 1) [15].....	64
Figura 34 - Características do <i>reader</i> da Skyetek (parte 2) [15].....	64
Figura 35 - <i>Tag</i> da Intermec [10].....	65

Figura 36 - Alcance de leitura vs frequência (para vários materiais) [10].....	66
Figura 37 - <i>Readers</i> da Intermec [10]	67
Figura 38 - Antenas UHF (ETSI) da Intermec [10].....	68
Figura 39 - Detalhe da antena IA33B [10]	68
Figura 40 - <i>Reader</i> da Ipico [11]	69
Figura 41 - Detalhes técnicos do <i>reader</i> da Ipico [11].....	70
Figura 42 - Detalhes técnicos da <i>tag</i> da Ipico (parte1) [11]	70
Figura 43 - Detalhes técnicos da <i>tag</i> da Ipico (parte2) [11]	71
Figura 44 - Detalhes técnicos da <i>tag</i> da Ipico (parte3) [11]	71
Figura 45 - <i>Reader</i> de pequenas dimensões da Caen [8]	72
Figura 46 - <i>Highlights</i> do reader Caen A528 [8]	73
Figura 47 - <i>Reader</i> da Caen A948 [8]	74
Figura 48 - Esquema de localização	79
Figura 49 - Esquema do armazém com as <i>tags</i> (hipótese 1)	84
Figura 50 - Empilhador equipado com dois <i>readers</i>	84
Figura 51 - Esquema do armazém com as <i>tags</i> (hipótese 2).....	85
Figura 52 - Empilhador equipado com um <i>reader</i>	86
Figura 53 - Leitura da <i>tag</i> do cliente	91
Figura 54 - Norma ETSI 302-208 [14]	95
Figura 55 - Esquema do modelo de dois raios	96
Figura 56 - Gráfico do modelo de dois raios	98
Figura 57 - Cenário de testes.....	100
Figura 58 - Espectro do <i>reader</i>	101
Figura 59 – <i>Tags</i> que recorrem ao <i>near field</i> ou ao <i>far field</i> [8]	108

Figura 60 - Níveis das normas ISO [8].....	111
Figura 61 - Exemplo de um código EPC [8].....	112
Figura 62 - Símbolos PIE [9].....	119
Figura 63 - Modulação R=>T [9]	120
Figura 64 - Envolvente RF R=>T [9]	122
Figura 65 - Envolvente RF no processo de power-up e power-down do <i>reader</i> [9]	123
Figura 66 - Preâmbulo R=>T e <i>frame-sync</i> R=>T [9]	124
Figura 67 - Sequências e símbolos FM0 [9]	126
Figura 68 - Terminação das sequências FM0 [9]	126
Figura 69 - Preâmbulo FM0 T=>R [9]	127
Figura 70 - Funções de Miller e diagrama de estados [9]	127
Figura 71 - Sequências das subportadoras de Miller [9]	128
Figura 72 - Terminação das sequências de Miller [9]	129
Figura 73 - Tipos de Sistemas de Localização	133
Figura 74 - Técnica de Dead-Reckoning	137
Figura 75 - Método de Potência de Sinal, distância obtida por modelo matemático	141
Figura 76 - Método de ângulo de chegada, AoA	143
Figura 77 - Método por Tempo de Chegada, ToA	144
Figura 78 - Método por Diferença de Tempos de Chegada, TDoA	145

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Evolução do RFID [18].....	26
Tabela 2 - Comparação entre <i>tags</i> activas e passivas (parte 1) [18].....	36
Tabela 3 - Comparação entre <i>tags</i> activas e passivas (parte 2) [18].....	37
Tabela 4 - Tabela das bandas de funcionamento dos sistemas RFID [18]	41
Tabela 5 - Especificações das <i>tags</i> da Alien [4]	56
Tabela 6 - Comparação entre a norma ETSI 300-220 (antiga) com a norma ETSI 302-208 (actual) [14]96	
Tabela 7 - Standards ISO para RFID [8]	110
Tabela 8 - Parâmetros da envolvente RF [9]	123
Tabela 9 - Parâmetros de <i>power-up</i> [9]	123
Tabela 10 - Parâmetros de <i>power-down</i> [9]	124
Tabela 11 - Especificações do <i>link</i> T=>R [9].....	130

Tabela 12 - Ritmo de dados T=>R [9]	131
---	-----

1 - Introdução

1.1 - Motivação

O elevado ritmo dos mercados leva a desafios cada vez maiores. Existem negócios nos quais há a necessidade de deslocar grandes quantidades de mercadorias bem como acompanhar o seu estado ao longo da cadeia de consumo, desde o produtor até ao consumidor. Existe também cada vez mais a necessidade de localizar e identificar bens e pessoas. Esta necessidade de saber rapidamente, em tempo real ou não, onde se encontra um determinado item pode reduzir drasticamente o tempo de acção de um determinado negócio. Desta forma, podem ser diminuídos tempos de resposta, reflectindo-se no aumento da eficácia e eficiência dos negócios.

As telecomunicações têm dado as ferramentas necessárias a este crescente ritmo e têm evoluído cada vez mais na crescente necessidade de localizar e identificar bens e pessoas.

Actualmente qualquer indivíduo usa tecnologias capazes de permitir a localização, veja-se por exemplo os telefones celulares que numa análise mais grosseira permitem saber em que célula se encontra um determinado cartão SIM.

Não só se pretende localizar pessoas, usando tipicamente para esse processo as redes móveis, como cada vez mais se torna imperativo localizar objectos, mercadorias, meios de transporte e até mesmo animais selvagens por meio de sistemas cada vez mais simples e pouco onerosos. Desde os mais simples objectos (fixos dentro de uma garagem ou armazém) até aos mais complexos (automóveis ou animais em locais longínquos, por exemplo), os sistemas de localização são hoje uma tecnologia apetecida pela indústria electrónica.

1.2 - Objectivos

Tendo como base a necessidade de localizar e identificar bens ou pessoas serão abordados dois sistemas de RFID.

O primeiro terá o intuito de localizar e identificar itens dentro de um grande armazém. O facto de se saber com mais rapidez se existe e onde se encontra uma determinada carga pode poupar tempo precioso na cadeia de distribuição que actualmente é cada vez mais acelerada.

O segundo sistema será desenhado tendo em conta a necessidade por parte das lojas de identificar determinados clientes de modo a que o serviço que lhes é prestado seja optimizado e personalizado.

Ambos os sistemas procuram melhorar o serviço que pode ser prestado tanto por uma fábrica/armazém como por uma loja.

1.3 - Estrutura do documento

Este documento começa por fazer uma introdução sobre RFID. Aqui poder-se-á saber algo desde o seu background histórico, passando pela constituição de sistema, tipos de tags, armazenamento, modos de funcionamento, protocolos, alguns exemplos e um breve sumário sobre RFID.

Após esta introdução, será exposta uma análise de mercado relativamente a *tags* e *readers* UHF uma vez que é com base nesta tecnologia de RFID que se irão projectar os sistemas.

Dado que se conhecem as especificações de alguns equipamentos disponíveis no mercado pode começar por se projectar os sistemas, um de localização e outro de identificação.

O projecto do sistema de localização será apresentado tendo em conta as necessidades e os problemas actuais de empresas com produção e/ou armazéns. Consequentemente, serão projectados os requisitos de sistema e proposto um diagrama de operação. É ainda referido todo o processo de identificação de um determinado item, bem como a sua localização, havendo nesta última duas possíveis hipóteses. Para finalizar, serão ainda efectuadas algumas considerações para a fase de implementação do sistema.

O sistema de identificação começa por ser descrito tendo em conta as necessidades do cliente deste projecto. Segue-se uma breve exposição à escolha do fabricante a adoptar para esta solução. De seguida, é explicado o comportamento deste sistema, ou seja, o modo de funcionamento. É ainda apresentado um estudo relativo ao modelo de dois raios do sistema implementado.

Após explanados ambos os sistemas, faz-se um resumo do trabalho futuro de modo a melhorar os sistemas.

No fim deste documento pode ainda encontrar-se dois anexos, um sobre sistemas de localização e outro sobre a norma EPC.

2 - RFID

A identificação por ondas rádio, mais conhecida por RFID (*Radio Frequency Identification*) consiste, genericamente, no armazenamento e posterior envio de informação por meio de ondas electromagnéticas para circuitos integrados compatíveis em rádio frequência. Este sistema pode permitir não só identificação mas também localização, monitorização de pessoas ou objectos recorrendo a ondas rádio.

Sumariamente, o RFID permite efectuar a identificação de itens através de ondas rádio.

Os actuais sistemas de RFID possuem grande capacidade de identificação e localização de bens ou pessoas levou, o que fez com que esta tecnologia começasse assumir um papel importante na indústria e no comércio.

Com efeito, no futuro podem imaginar-se diversas aplicações para esta tecnologia nas mais variadas áreas, desde a identificação e localização de objectos dentro de armazéns (minimizando o tempo gasto na procura de stocks), controlo e armazenamento de mercadorias, monitorização de pessoas e bens, entre outros. Existem ainda aplicações de RFID a ser usadas em diagnósticos médicos, na indústria química, farmacêutica, têxtil ou em simples lojas de roupas ou bibliotecas.

Uma breve pesquisa por “RFID” no motor de busca “Google” devolve cerca de 41 milhões de apontadores. Desta forma, não é de estranhar o crescente interesse e a forte aposta nesta tecnologia que tem um volume de negócios na ordem de vários milhares de milhões de dólares [18].

2.1 - Background histórico

O radar foi a tecnologia precursora do RFID [24]. Antes do aparecimento do radar, Heinrich Herz e Gugliel Marconi desenvolveram trabalhos de investigação com o intuito de compreender o comportamento das ondas rádio. Todavia, a invenção do radar não se deve exclusivamente a uma pessoa. Como resultado destes estudos concluíram que algumas ondas rádio atravessavam os objectos e outras eram reflectidas. Desta forma, Hertz, desenvolveu uma técnica capaz de medir a velocidade das ondas rádio reflectidas e, consequentemente, desenvolveu uma técnica de medida capaz de medir a distância entre o emissor da radiação e o objecto que a reflectia. Durante alguns anos, os estudos de Hertz nunca foram direccionados para aplicações, até que surge a Segunda Guerra Mundial como ímpeto para a criação do radar. Por volta de 1939, data de início da guerra, quase todos os países envolvidos tinham no terreno sistemas de radar.

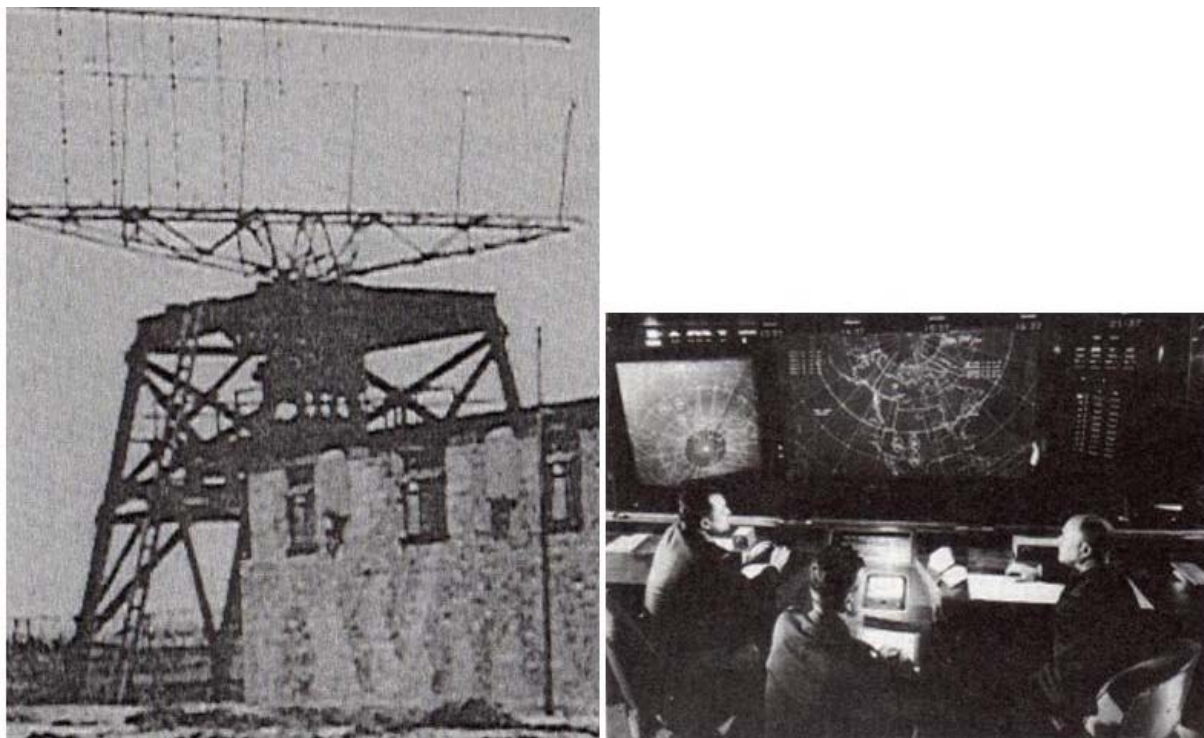


Figura 1 – Antigos sistemas de RADAR [24]

No decorrer da II GM ocorreram evoluções no que respeita ao sistema radar. Este tornou-se capaz de detectar não só navios e aviões, mas também aviões a voar a baixa altitude. Com o desenvolvimento da tecnologia, surgem também melhoramentos no alcance e na frequência de operação (comprimentos de onda curtos) do radar, passando estes a ter maior alcance. Este sistema passou também a ser conhecido como o radar de micro-ondas. Com estes avanços tecnológicos tornou-se possível seguir rotas de navios e aviões, calcular a sua velocidade e mais importante identificá-los. Assim sendo, consegue-se saber se o objecto detectado é aliado ou inimigo. A necessidade de identificação levou à pergunta “Identify: Frind or Foe?” de modo a conseguir distinguir entre os vários objectos ao alcance do radar. Este modelo de identificação foi posteriormente chamado de “squawk” e consiste num código de 4 letras que se introduz manualmente no *transponder* do avião [2]. O avião, ao ser interrogado de quem é, devolve automaticamente este código.

O RFID está de certa forma ligado ao radar dado que as *tags* passivas se assemelham aos objectos que o radar tenta encontrar. Quando uma *tag* passiva se encontra dentro do raio de alcance de um determinado leitor esta vai receber energia proveniente do leitor. Desta forma, a energia oriunda do leitor vai activar a *tag* levando a que esta emita um sinal que poderá ser lido pelo leitor. Embora o sinal emitido pela *tag* não seja o sinal reflectido emitido pelo leitor o princípio mantém-se idêntico ao radar dado que uma emissão de energia leva a que haja um sinal de resposta que pode ser lido por um dispositivo à escuta.

Na década de 60/70 surgem os primeiros estudos e implementações de RFID. Estes sistemas iniciais eram bastante simples, poderiam ser apenas *tags* de 1 bit que permitiam saber se um dado item de uma loja que estava a atravessar a porta de saída teria sido pago ou teria sido roubado. Desta forma, seria possível detectar furtos de lojas. Ao pagar os itens as *tags* seriam desactivadas e desta forma não activariam o alarme à saída. Pelo contrário, um item não pago (roubado) activaria um alarme. Surgem também *tags* em formato de cartão, usadas pelo exército para fazer controlo de acessos.

A primeira RFID tag surge em 1969 resultante de uma conversa entre Mario Cardullo e um engenheiro da IBM. A IBM tinha em mãos a implementação de um sistema óptico chamado de CARTRAK para os comboios. Este sistema era baseado num código de barras multicolor na lateral de cada carruagem. Ao passarem pelos leitores, as carruagens seriam então identificadas através da leitura do código de barras. Este sistema traria imensos problemas de leitura associados à sujidade, luz intensa, danos na etiqueta com o código, etc. Cardullo apercebe-se assim dos problemas associados a este projecto e propõe um sistema que incluía um transmissor, um receptor, uma pequena quantidade de memória interna e uma fonte de alimentação.

Cardullo continuaria a trabalhar nesta área e uns anos mais tarde surge com um sistema de pagamento automático de portagens. Segue então o registo de uma patente cuja descrição pode ser vista na figura seguinte.

1. A transponder comprising:
 - a. Memory [as a] means for storing data
 - b. Means responsive to transmitted code signal for selective writing data into or reading data out from the memory and for transmitting as an answerback signal data read-out from the memory
2. Means for internally generating operating power for the transponder from the transmitted code signal
3. A transponder where the transmitted code signal comprises a modulated carrier wave, this being the means for generating operating power that comprises a means of detecting the carrier wave and producing an operating power output signal, responsive to the operating power output signal for powering the transponder and the modulations of the carrier wave containing data and command information
4. A transponder as defined in the patent where the carrier wave is of radio frequency
5. A transponder as defined in the patent where the carrier wave is of light frequency
6. A transponder as defined in the patent where the carrier wave is of acoustic frequency
7. An interrogation system

Figura 2 - Primeira patente de RFID [24]

Baseados na patente, Cardullo e os seus engenheiros trabalharam para desenvolver a primeira RFID *tag*.

Deste então, a tecnologia tem evoluído levando aos sistemas que hoje nos rodeiam (vide Figura 3).



Figura 3 - Avião com sistema de RADAR

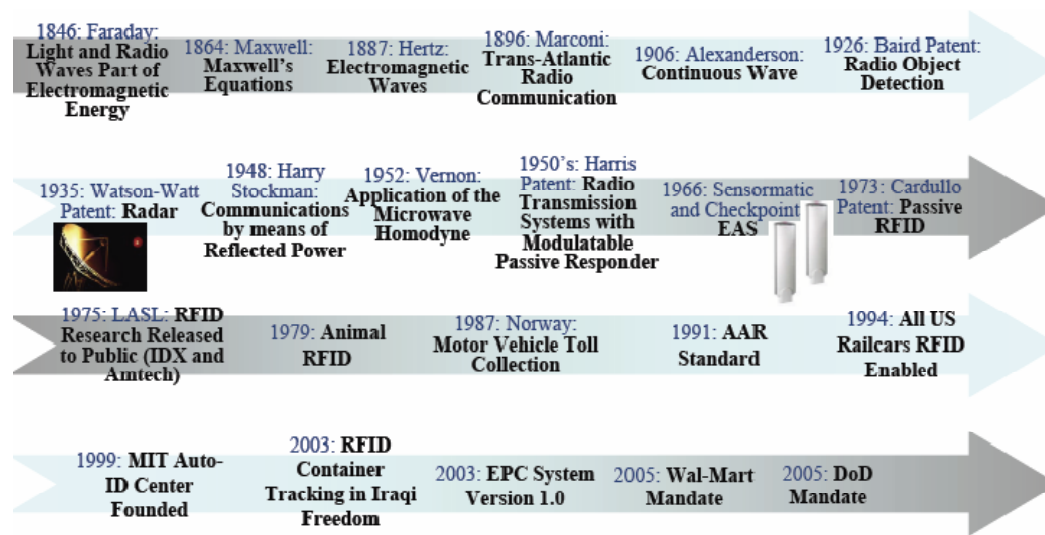


Figura 4 – Evolução histórica [18]

Década	Eventos
1940-1950	Invenção e rápido desenvolvimento do radar durante a 2ª Guerra Mundial O princípio de funcionamento do RFID em 1948
1950-1960	Primeiras explorações da RFID e experimentações laboratoriais
1960-1970	Desenvolvimento da teoria da RFID Primeiras aplicações experimentais no terreno
1970-1980	Explosão no desenvolvimento da RFID Aceleração dos testes Implementações embrionárias de RFID
1980-1990	Aplicações comerciais de RFID entram no mercado
1990-2000	Surgimento de standards RFID é largamente utilizado começando a fazer parte da vida de cada um.

Tabela 1 - Evolução do RFID [18]

2.2 – Constituição do sistema

De uma forma geral, um sistema RFID é constituído por dois blocos, a *tag* (etiqueta de RFID) e o *reader*, conforme se pode ver na Figura 5.

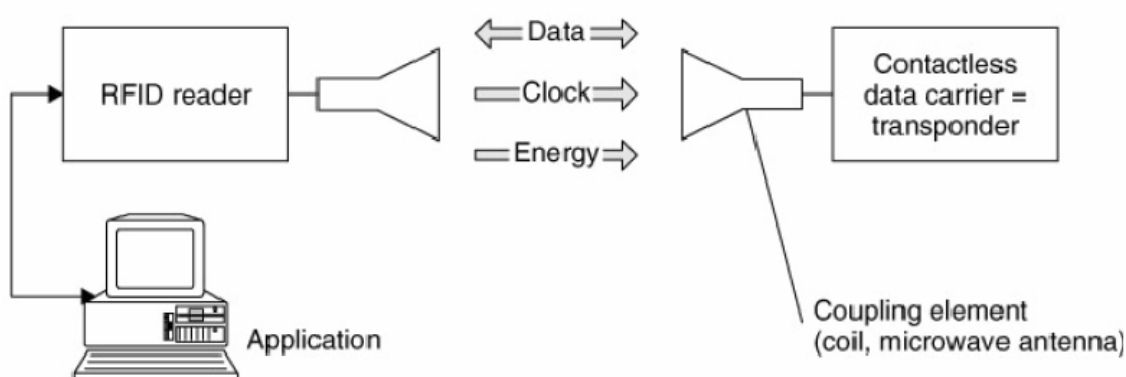


Figura 5 - Diagrama de um sistema RFID [19]

Desta forma, pode começar por se descrever a *tag* (*transponder*) como sendo um dispositivo que tem como finalidade identificar o item no qual foi colocado. Partindo do princípio que se trata de uma *tag* passiva, esta devolve a informação contida no seu chip após a solicitação do *reader*. A informação pode ser apenas um bit ou conjunto de dados relativos a um determinado produto. Todavia, se for uma *tag* activa, esta pode emitir informação sem a necessária solicitação do *reader*.

O outro bloco do sistema, o *reader*, é responsável não só por ler a informação contida nas *tags* mas também por fazer toda a comunicação com os sistemas exteriores, como por exemplo, sistemas de rede, sistemas de base de dados, sistemas de gestão. O *reader* tem ainda a seu cargo a coordenação do acesso múltiplo (várias *tags*), rejeição de repetições de dados, correcção de erros, etc.

O *reader* é responsável por todas estas tarefas uma vez que a *tag* é um dispositivo, tipicamente, de pequenas dimensões (por razões de custo e de baixa complexidade). Assim sendo, todos os mecanismos de segurança, gestão e controlo do sistema deverão ser colocados no *reader*. Consequentemente, o *reader* é de maiores dimensões e complexidade (também com maior custo).

Com efeito, num sistema típico de RFID existe um ou dois *readers* para dezenas ou centenas de *tags*.

No entanto, para além deste dois blocos, *reader* e *tag*, o sistema pode englobar ainda outros componentes, como por exemplo, as antenas e as aplicações de software.

2.3 - Tipos de *tags*

Consoante o tipo de alimentação interna (bateria), as *tags* podem ser divididas em três grupos: as passivas, as semi-passivas (ou semi-activas) e as activas. Esta separação por grupos deriva da necessidade da *tag* ter (ou não) uma bateria interna para o seu funcionamento e transmissão de sinal.

2.3.1 - *Tags* passivas

As *tags* passivas não possuem bateria (nem outra fonte de alimentação interna) para o seu funcionamento. A energia para alimentar a *tag* é fornecida pelo *reader* aquando de uma leitura, tornando, a *tag* capaz activar os seus circuitos e transmitir os dados armazenados. Devido a estas limitações de energia uma *tag* passiva tem de possuir circuitos internos bastante simples dado que, em principio, quanto mais elementos tiver mais energia gastará. [23].



Figura 6 - Cartões com RFID passiva embebida

Uma vez que as tags passivas não possuem bateria interna, o seu tempo de vida é muito grande. Além disso, não requerem manutenção, suportam condições mais extremas de funcionamento sem pôr em causa o seu correcto funcionamento. As *tags* passivas são geralmente mais pequenas do que as activas e o seu elevado volume de produção faz com que o seu preço seja bastante reduzido (dezenas de cêntimos ou mesmo cêntimos de €).

No processo de comunicação, será o *reader* o primeiro a iniciar a comunicação dado que a *tag* necessita da potência recebida pelo sinal do *reader* para começar a funcionar. Desta forma, o *reader* está sempre a enviar o seu sinal para o ar de modo a que qualquer *tag* que entre no seu raio de acção lhe responda.

O raio de alcance de um *tag* passivo é, geralmente, menor que o raio de um *tag* activo.

Os principais componentes das *tags* passivas são seu *microchip* e a antena, conforme se pode ver na Figura 7.

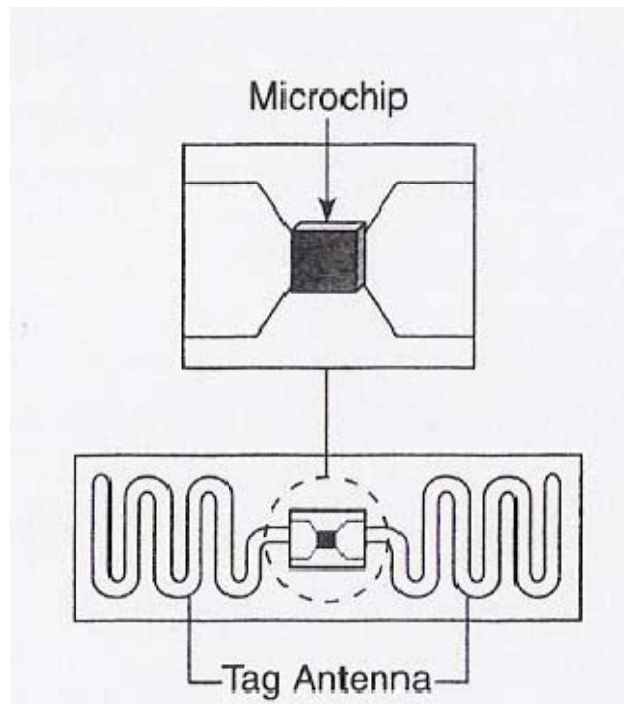


Figura 7 - Componentes de uma *tag* passiva [23]



Figura 8 - *Tag* passiva UHF de pequenas dimensões

A energia que alimenta a *tag* passiva é fornecida pelo *reader* e assim sendo, dentro do *microchip* da *tag* passiva existe um rectificador de potência que converte o sinal de RF (sinal AC) em potência DC. A *tag* passiva possui ainda um extractor de relógio, um modulador que modula a onda recebida do *reader*, uma unidade lógica que é responsável pela implementação do protocolo de comunicação entre o *tag* e o *reader* e uma memória interna para armazenamento de dados (Figura 9).

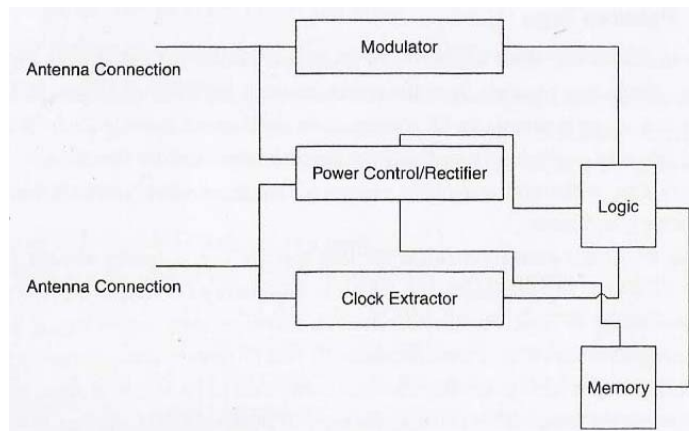


Figura 9 - Componentes básicos do *microchip* [23]

A antena da *tag* tem como objectivo, para além da recepção e envio de dados de e para o *reader*, retirar a energia do sinal emitido pelo *reader* de forma a alimentar a *tag*. A antena é de maior tamanho que o *microchip* e com efeito, tem o maior impacto nas dimensões da *tag* pois pode assumir diversas variações de formato conforme a aplicação, as frequências da portadora, etc (Figura 10).

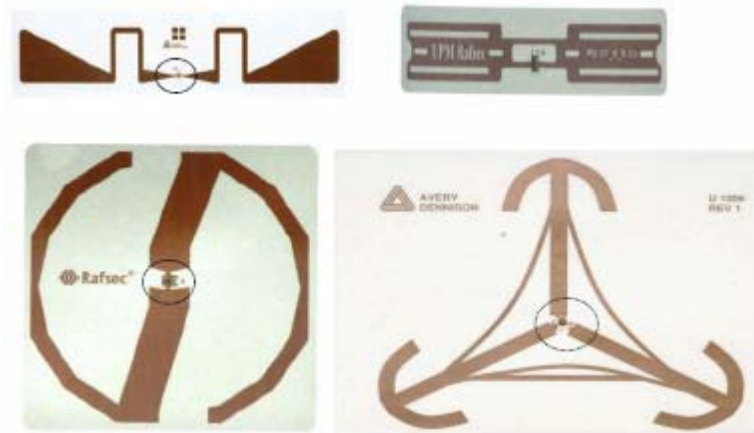


Figura 10 - Antenas para *tags* UHF [18]

2.3.2 - Tags activas

As *tags* activas, ao invés das *tags* passivas, possuem bateria interna que alimenta os seus circuitos integrados e fornece energia para o envio de dados para o *reader*. As *tags* activas não necessitam de um sinal proveniente do *reader* para começarem a funcionar, podendo, desta forma, assumir um papel mais independente do *reader*. Este tipo de funcionamento permite que as *tags* activas realizem tarefas mais complexas e deixem de ser um “reflector” de identificação para o *reader*.

As *tags* activas são de maiores dimensões que as passivas e, consequentemente possuem uma maior capacidade de armazenamento, têm alcances geralmente superiores e suportam sensores externos (Figura 11). Assim sendo, podem desempenhar, por exemplo, funções de monitorização e, periodicamente ou quando despoletado algum alarme, podem enviar informação dos sensores para o *reader*.



Figura 11 - *Tags* activas

Os principais componentes das *tags* activas são o *microchip*, a antena, a fonte de alimentação interna e a electrónica adicional (ver Figura 12).

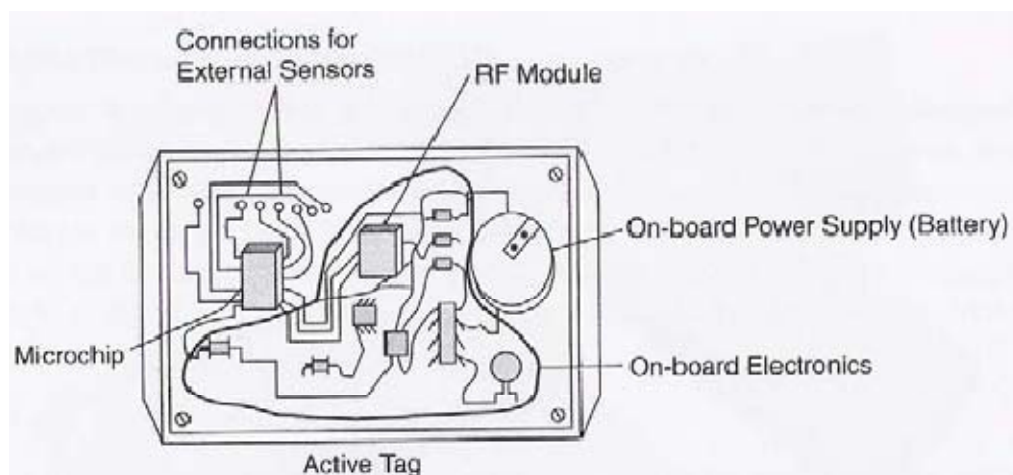


Figura 12 - Componentes de uma *tag* activa [23]

O *microchip* de uma *tag* activa é geralmente maior em tamanho e em capacidade que o da *tag* passiva. Dado que a *tag* activa possui alimentação interna esta pode fornecer maior energia ao *microchip* e por isso permite-lhe maiores capacidades de processamento e armazenamento de dados. A antena de uma *tag* activa não necessita de ter as dimensões das antenas das *tags* passivas, ficando, em algumas situações embutida no módulo RF do *tag*.

Numa *tag* activa pode ainda existir electrónica adicional (sensores, processadores de dados, etc.) que permite o funcionamento da *tag* como transmissor, sem necessitar da presença do *reader*. Todavia, este modo de funcionamento exige bastante consumo de energia.

Uma vez que têm bateria interna, as *tags* activas são genericamente mais caras, não suportam condições tão extremas como as passivas e necessitam de manutenção (mudança de bateria) periódica. Todavia, poderão ter maior alcance tornando-as, eventualmente, mais apropriadas para algumas finalidades específicas, como é o caso da localização.

2.3.3 - Tags semi-passivas ou semi-activas

Este tipo de *tags* tem um modo de funcionamento que é uma combinação das *tags* passivas e activas.

Embora possua alimentação interna, esta só serve para alimentar os circuitos internos e não para criar um novo sinal RF para o *reader*, isto é, esta *tag* não possui módulo RF. As características da antena e do modo de funcionamento são semelhantes às da *tag* passiva, uma vez que a comunicação está dependente de um sinal vindo do *reader*. No entanto, pode ter um *microchip* maior e com maior capacidade que uma *tag* passiva pois, à semelhança da *tag* activa, tem alimentação interna. Um dos componentes que poderá ser semelhante à da *tag* passiva é a antena.

A constituição interna de uma *tag* semi-activa pode ser vista na Figura 13.

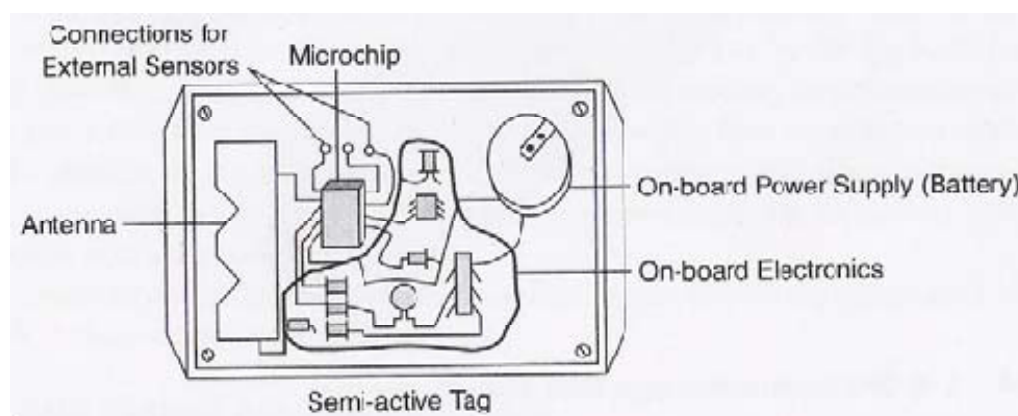


Figura 13 - Componentes de uma *tag* semi-activa [23]

O alcance das *tags* semi-activas é um pouco maior que o das *tags* passivas, no entanto há que recordar que não usa a sua energia interna no reenvio do sinal. A figura seguinte ilustra o exemplo da Via Verde que recorre a uma *tag* semi-activa.



Figura 14 - Tag semi-activa da Via Verde [17]

2.3.4 - Comparação

Nas tabelas seguintes pode ser analisada uma comparação entre *tags* activas e passivas.

	RFID Activo	RFID Passivo
Bateria	Sim	Não
Potência no Tag	Continua	Só quando ao alcance do Reader
Sinal reader/tag	Fraco/Forte	Forte/Fraco
Alcance	Longo(100m)	Curto(3m)
Multi-tag Collection	Milhares em repouso Alguns(20) em movimento até 160 Km/h	Centenas em repouso Alguns(20) em movimento até 4,8 km/h
Memoria	Acima de 128KB	128 bytes
Capacidades	Actualização permanente	Actualização quando perto reader

Tabela 2 - Comparação entre *tags* activas e passivas (parte 1) [18]

	RFID Activo	RFID Passivo
Monitorização de área	Sim	Não
Velocidade elevada	Sim	Limitada
Acesso múltiplo		
Aplicações de segurança	Sofisticadas	Básicas
Manifesto electrónico	Sim	Não
Impacto nos processos de negócio	Reduzido	Substancial
Aplicações características	Processos comerciais dinâmicos Segurança e sensibilidade Armazenamento de dados/ "logging"	Processos comerciais fixos Segurança reduzida Fracca capacidade de armazenamento de dados.

Tabela 3 - Comparação entre *tags* activas e passivas (parte 2) [18]

2.4 - Armazenamento

As *tags* possuem memória interna e pode ser clasificadas de acordo com o tipo de acesso que é feito à memória. Assim sendo, podem diferenciar-se três tipos de memórias geralmente usadas nas *tags*: *read only* (RO), *write once read many* (WORM) e read-write (RW).

2.4.1 – *Read only*

As *tags* RO, são *tags* que apenas permitem a leitura dos dados contido na sua memória. Geralmente são programadas uma vez apenas e na própria fábrica, contendo por exemplo o código EPC. Como se trata de *tags* apenas de leitura, a sua gravação é permanente e não é permitido à *tag* qualquer possibilidade de actualização dos seus dados.

Este tipo de *tags* é prático para pequenas aplicações comerciais e/ou para fins de localização com etiquetas standard como por exemplo em lojas de roupas ou bibliotecas. No entanto, tornam-se impraticáveis para sistemas que necessitem de actualização de dados (sensor de temperatura, por exemplo).

A grande maioria das *tags* passivas engloba-se neste grupo.

2.4.2 – Write Once, Read many

Teoricamente, as *tags* WORM poder-se-iam programar apenas uma vez pelo seu comprador num determinado momento e para uma finalidade específica. No entanto, na realidade existe a possibilidade de reprogramar alguns tipos de *tags* WORM mais que uma vez (100 vezes, por exemplo). Todavia, se o número de reprogramações for elevado corre-se o risco de danificar permanentemente a *tag*, inutilizando a sua memória. Esta reprogramação não permite contudo à *tag* a sua auto-actualização, pois esta terá sempre que ser feita pelo programador específico.

2.4.3 – Write Once, Read many

As *tags* RW são as mais versáteis uma vez que podem ser reprogramadas inúmeras vezes.

Tipicamente este número está compreendido entre 10.000 e 100.000 vezes (apesar de existirem *tags* que permitem um número de reprogramações muito maior).

Este tipo de *tags* tem como principal vantagem, quando comparadas com as anteriores, o facto de permitirem actualizações da informação contida na sua memória. Podem ser exemplos desta vantagem, a capacidade de fazer um histórico do percurso de um determinado produto, a monitorização em tempo real da temperatura ou de uma determinada característica de uma máquina.

Uma *tag* RW contém, tipicamente, uma memória Flash ou FRAM. Este tipo de *tags* é o mais indicado para segurança de dados, monitorização de ambientes e processos que precisem de actualização de dados constante.

Todas estas capacidades acarretam inerentemente uma desvantagem para estas *tags* uma vez que as torna mais caras, e não sendo por isso usadas com grande regularidade. Todavia, com a produção em massa esta desvantagem de custo pode deixar de existir.

2.5 - Frequências de operação e potências máximas

Os sistemas RFID operam em diversas bandas que estão directamente relacionadas com as bandas ISM (*Industrial, Scientific and Medical*). As bandas ISM são bandas sem licenciamento obrigatório e cada pedaço de espectro é disputado ao máximo. Consequentemente, é necessário um controlo muito rigoroso por parte das entidades reguladoras de cada país. Como o controlo é feito a nível nacional torna-se, por vezes, complexo encontrar um consenso mundial para as bandas de frequência do funcionamento de uma dada tecnologia. Apesar de não haver uma banda de funcionamento a standard para todos os países existem, no entanto, três grandes áreas regulamentares (definidas pelo ITU-R) como se pode ver na Figura 15.



Figura 15 - Regiões com as mesmas regulamentações RFID

Desta forma, a região 1 é constituída pela Europa, África e pelo Norte da Ásia, a região 2 pelas Américas e a região 3 é constituída pela Ásia do Sul e a Oceânia.

Assim sendo, o grupo de países inserido numa determinada região é obrigado a cumprir as normais da entidade reguladora da sua região.

As bandas de funcionamento dos sistemas RFID são relativamente próximas pelo que se pode subdividir em subgrupos mais ou menos comuns. Existem sistemas de RFID a funcionar desde ao 100kHz até aos 5,8GHz, prevendo-se que no futuro possam mesmo vir a ocupar frequências na casa dos 24GHz. Na Tabela 4, estão resumidas as bandas de funcionamento dos diferentes sistemas de RFID, bem como a regulamentação, alcance típico, vantagens e alguns comentários.

Frequência	Regulação	Alcance típico	Vantagens	Comentários
< 135 kHz	Banda ISM, alta potência	<10cm (passivo)	Boa penetração em líquidos	Access Control Animal tagging
6.78 MHz 13.56 MHz 27.125 MHz	Banda ISM, regulação praticamente igual em todo o mundo	<1m (passivo)	Penetração média em líquidos	Smart Cards, Access Control, Imobilização de veículos
433 MHz	Banda ISM para dispositivos de comunicação de curto alcance, Banda não uniforme	<100m (activo)	Funciona bem em ambientes com metais	Tags activas
888-956 MHz	Banda não uniforme mundialmente	<10m (passivo US) <4m (passivo UE)	O melhor alcance para comunicações passivas	Normas Wal-Mart, DoD
2.45 GHz	Banda ISM	<3m (passivo) <50m (SAW)	Alternativa Para os 900 MHz	Wi-Fi, Bluetooth
5.4-6.8 GHz 24,05 - 24,5GHz	Bandas salvaguardadas para uso futuro			

Tabela 4 - Tabela das bandas de funcionamento dos sistemas RFID [18]

Apesar das diferentes bandas de funcionamento dos sistemas RFID é possível agrupá-los em três grandes grupos consoante a frequência de operação. Com efeito, os sistemas de baixa

frequência ficam contidos entre os 100-500kHz, os sistemas de média frequência entre os 10-15 MHz e os de alta frequência acima dos 888Mhz.

Outro parâmetro importante na caracterização dos sistemas é o alcance. Assim sendo, existem sistemas de curto alcance tipicamente até 10cm e que funcionam a gamas de frequências abaixo dos 135kHz, sistemas de médio alcance com frequências a rondar os 15MHz, e os sistemas de longo alcance para frequências UHF e microondas. Na Figura 16 estão representadas as potências máximas admitidas por banda em sistemas RFID.

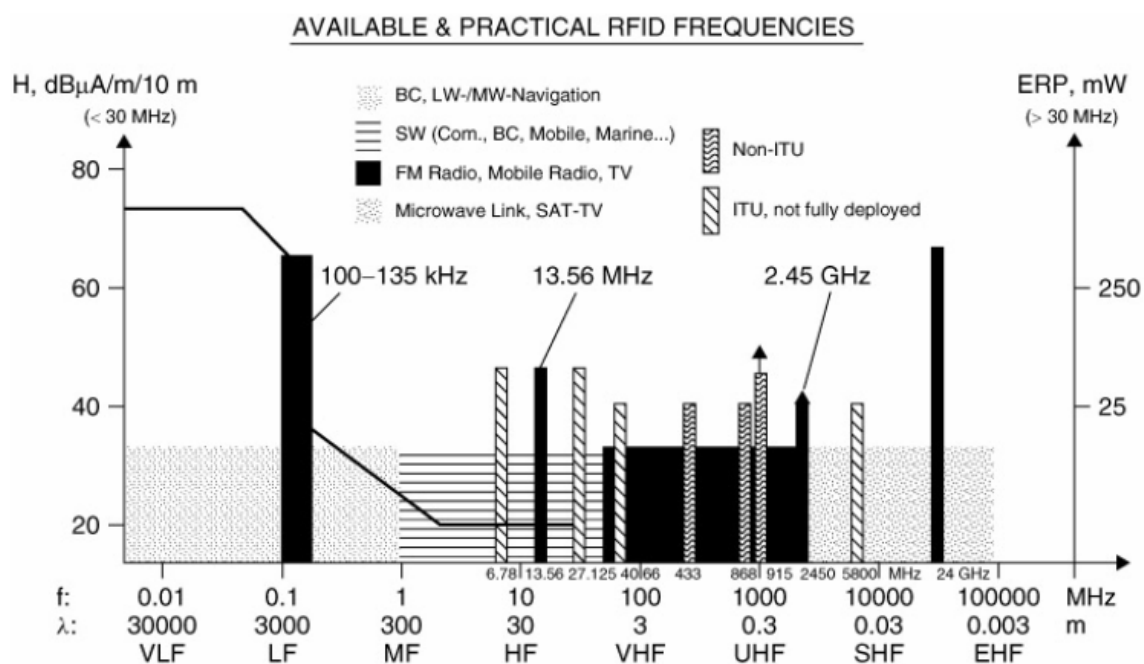


Figura 16 - Potências máximas permitas por frequência em RFID [18]

2.6 - Modos de funcionamento

Existem dois grandes princípios de funcionamento em sistemas de RFID [18]:

1. 1-Bit Transponder
2. Full and Half Duplex

Estes dois tipos de funcionamento distinguem-se pela forma de comunicação entre o tag e o *reader*. Para o primeiro caso, existe apenas a transmissão de um bit de informação entre o tag e o *reader*. O princípio de funcionamento será o de On-Off, típico em sistemas de alarme (1 ligado, 0 desligado), sensores de movimento e outras aplicações “rudimentares”, bastante comuns no dia-a-dia e que não necessitam de grandes quantidades de informação nem electrónica complexa para o seu funcionamento.

No segundo caso, existe transmissão de uma maior quantidade de informação, podendo existir processos e mecanismos de controlo do fluxo de dados entre o *tag* e *reader*. Este tipo de funcionamento é mais indicado para *tags* para fins de localização, pois permite obter uma constante monitorização do deslocamento da *tag* dentro de uma determinada área de cobertura do *reader*. Os principais tipos de comunicação dentro de cada princípio de funcionamento estão indicados na próxima figura.

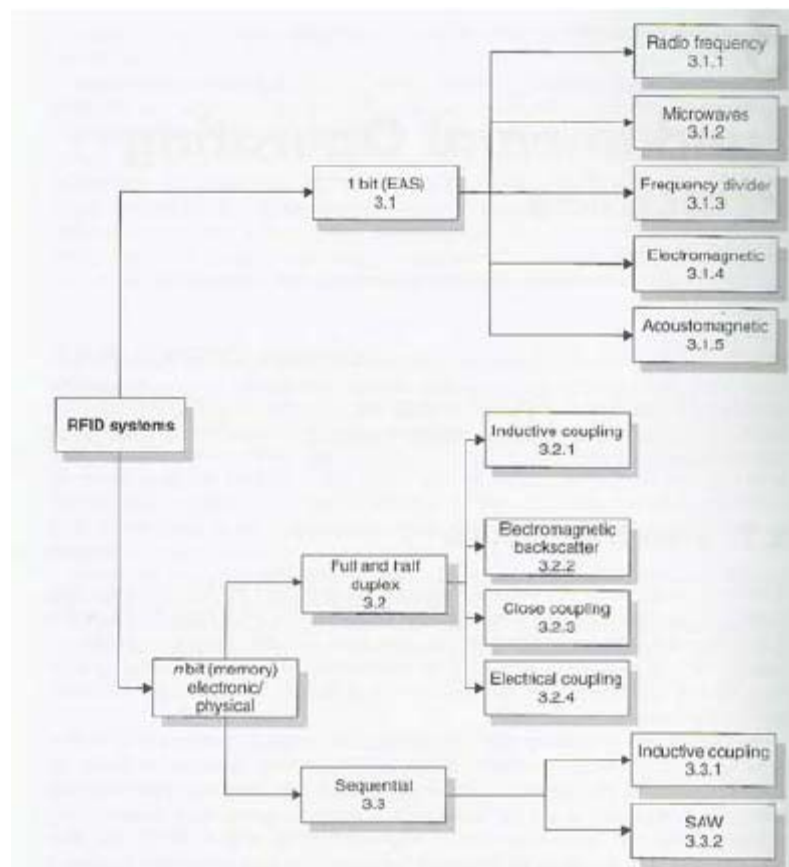


Figura 17 - Tipos de comunicação para os dois princípios de funcionamento em RFID [19]

Dentro do segundo princípio de funcionamento podem ser distinguidos três formatos diferentes de comunicação: Full Duplex (FDX), Half Duplex (HDX) e Sequencial (SEQ).

Em *full duplex*, tanto o *reader* como a *tag* estão a transmitir em simultâneo, havendo passagem de dados nos dois sentidos. Isto implica uma maior complexidade da electrónica em causa para permitir essa transferência de dados simultânea. Obviamente, caso se esteja na presença de *tags* passivas, a transferência de potência (do *reader* para a *tag*) terá de ser contínua.

Em *half-duplex*, a transmissão de dados do *reader* para a *tag* e vice-versa é feita de modo alternado, ou seja, transmite um de cada vez. Este processo permite uma simplicidade de electrónica envolvida. No entanto, apesar de não estar constantemente a enviar dados, o *reader* terá de enviar um sinal contínuo para alimentar com energia a *tag* que requer energia contínua

para o seu funcionamento. O modo sequencial é parecido com o *half-duplex*. A diferença reside no facto de neste caso, o *reader* não emitir um sinal contínuo de energia, emitindo apenas quando envia dados. A *tag* tem o mecanismo de “armazenar” a energia e utilizá-la apenas na transmissão.

Todas estas características podem ser observadas na figura seguinte.

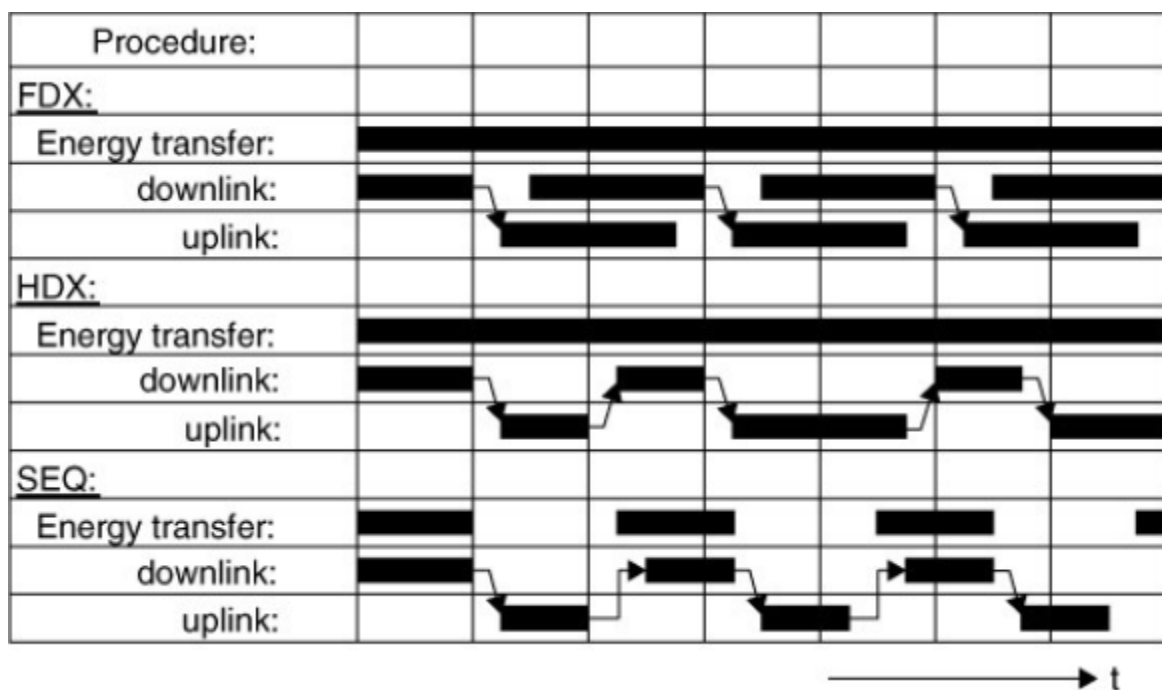


Figura 18 - Principais características dos modos FDX, HDX e SEQ [19]

2.7 - Protocolos¹

Devido à dispersão dos sistemas desenvolvidos e às variadas bandas de frequência usadas em todo o mundo, tornou-se complicado criar protocolos e standard que regulamentassem os sistemas RFID, sobretudo enquanto não fosse encontrado consenso entre os vários grandes fabricantes de sistemas RFID.

Os primeiros standards surgiram só na década de 90, com a difusão exponencial dos sistemas RFID. Ainda assim, poder-se-ão destacar alguns desses standards, são eles:

- **ISO/IEC 18000 Part 6** – Air interface for item management at UHF
- **ANSI INCITS 256:2001** – American RFID standard for item management
- **ANSI MH10.8.4** – Application standard for RFID on reusable containers
- **ISO 18185 Electronic Seal Tags**
- **ISO 22389 RFID Read/Write for Containers**
- **Automotive Industry Action Group (AIAG) B-11 Tire and Wheel Identification**
- **EPC** - Electronic Product Code

A grande conquista no que toca a protocolos e standard foi o recentemente criado EPC Gen2. Este protocolo criado pela Texas Instruments em conjunto com outras doze empresas (*Avery Dennison, AWID, Datamax Corporation, FEIG, Paxar, Printronix, SATO, Sirit Inc., SAMSys, ThingMagic, WJ Communications, and Zebra Technologies Corporation*), permitiu a criação do segundo grande protocolo para tags de UHF, agrupando o que de melhor existe no protocolo **ISO/IEC 18000 Part 6** juntamente com novas e sofisticadas regras para um melhor e mais consensual desenvolvimento da indústria de RFID.

¹ Para mais detalhes sobre normas de *tags* UHF cf. anexo A.

Entre os principais fabricantes de sistemas RFID destacam-se a Texas Instruments, a Philips, a Intermec, a TagSys e a Hitachi [18].

2.8- Exemplos de aplicações existentes no mercado

A tecnologia RFID já está no nosso dia-a-dia e muitos utilizadores desta tecnologia nem sabem que na realidade a estão a usar. Desta forma, será interessante ver algumas das suas aplicações.

2.8.1 – Via Verde

O sistema que começou por permitir pagar as portagens da auto-estrada de uma forma automática (simulando o cartão de débito). No entanto, hoje em dia o seu leque de abrangência já cobre, por exemplo, pagamento de gasolina e pagamento de estacionamento.

Este sistema é implementado recorrendo uma *tag* semi-activa. O dispositivo (*tag* semi-activa) possui uma pilha que é usada, apenas, para alimentar os circuitos internos. Nenhuma parte de RF necessita de alimentação proveniente da pilha. A identificação transportada pelo identificador está associada a um cartão de débito ou crédito. Desta forma, nenhum pagamento não necessita de intervenção do utilizador. As figuras seguintes ilustram as diversas situações de pagamento.



Figura 19 - Sistema de pagamento de portagens com Via Verde [17]



Figura 20 - Sistema de pagamento de estacionamento com Via Verde [17]



Figura 21 - Sistema de pagamento de combustível da Via Verde [17]

2.8.2 – Monitorização da recolha de lixo usando RFID

No município Grego de Aspropyrgos foi implementado um sistema que recorre a RFID para monitorizar a recolha de lixo. Com efeito, todos os contentores estão equipados com uma *tag* passiva UHF. Desta forma, é possível melhorar os itinerários da recolha do lixo, gerir os recursos de pessoal e também monitorizar o volume de lixo produzido.



Figura 22 - Monitorização da recolha de lixo recorrendo a RFID [8]

2.9 - Sumário sobre RFID

A área de RFID apresenta diversas possibilidades e o mercado é um constante impulsor de novos desafios e novas tecnologias. Uma vez que as indústrias tendem a responder às suas necessidades existem cada vez mais grupos de trabalho e conseqüentemente mais aplicações a surgir.

Existe muita informação, muitas topologias, ideias, hipóteses e cada vez mais se melhoram os protocolos e standards. Com efeito, as principais indústrias tendem a convergir o seu funcionamento para standards concretos de modo a facilitar o acesso ao consumidor e a redução de custos.

3 – Análise de Mercado

A implementação dos sistemas propostos (sistema de identificação e sistema de localização) será feita recorrendo ao sistema de RFID UHF; é pertinente efectuar uma análise de mercado de componentes existentes.

Desta forma, fazendo uma pesquisa [13] conseguem-se encontrar diversos fabricantes com ofertas muito variadas. Com efeito, nas páginas seguinte pode-se encontrar uma resumida lista dos que se adequam mais ao projecto da solução. Os critérios da selecção para esta lista são a existência de componentes, *readers* e *tags* passivas, que operem na **banda UHF** (mais especificamente dentro das normas ETSI), e a adequabilidade dos produtos a uma possível implementação (como por exemplo, *tags* passivas).

3.1 – Alien

Este fabricante [4] possui *tags* e *readers* adequadas a operar em Portugal.

O leitor ALR-8800 está otimizado para as tags Gen2 e cumpre a regulamentação ETSI (European Telecommunications Standards Institute) EN302-208. O leitor é compatível com ISO-18000-6C e EPC Gen2.



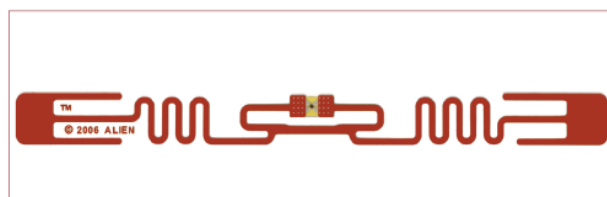
Figura 23 - Leitor Alien ALR-8800 [4]

Na figura seguinte pode ver-se com mais detalhe a especificação deste equipamento.

MODEL NUMBER	ALR-8800, ALR-8800-DevC Developer's Kit
ARCHITECTURE	XScale™ processor, Linux, 64 Mbytes RAM, 32 Mbytes Flash, DSP and Field Programmable Analog Array (FPAA) signal processing
SUPPORTED RFID TAG PROTOCOLS	EPC Class 1 Gen 2, EPC Class 1 Gen1, ISO 18000-6c (when ratified)
READER COMMUNICATION PROTOCOL	Alien Reader Protocol™, Autonomous Mode, upgradeable architecture for future EPC reader protocols
NETWORK PROTOCOLS	DHCP, TCP/IP, SNMP, DNS, SNMPv3
DENSE READER MANAGEMENT	Dense Reader Mode, Listen-before-talk, Auto triggering and event management
FREQUENCY	865.6 MHz – 867.6 MHz
CHANNELS	10
CHANNEL SPACING	200 KHz
RF POWER	2 watts ERP
POWER	AC/DC power converter; 45 Watts maximum 120 or 240 VAC, 50 or 60Hz
COMMUNICATIONS	RS-232 (DB-9 F), LAN TCP/IP(RJ-45)
ANTENNAS	4 ports for 4 read points; multistatic topology; circular or linear polarization, 6 meter cables, reverse polarity TNC connectors
GENERAL PURPOSE INPUTS/OUTPUTS	4 inputs, 8 outputs, optically isolated, 0.5 watt current capacity
DIMENSIONS	(L) 28 cm x (W) 22.9 cm x (D) 5.6 cm
WEIGHT	2.0 kg
OPERATING TEMPERATURE	-20°C to +50°C
LED INDICATORS	Power, Link, Active, Ant 0-3, CPU, Read, Sniff, Fault (red)
SOFTWARE SUPPORT	Java and .NET APIs for Alien Reader Protocol, Alien Gateway demo and test software
COMPLIANCE: SAFETY	EN 60950, EN 50364
COMPLIANCE: EMISSIONS	EN 302-208, EN 301-489

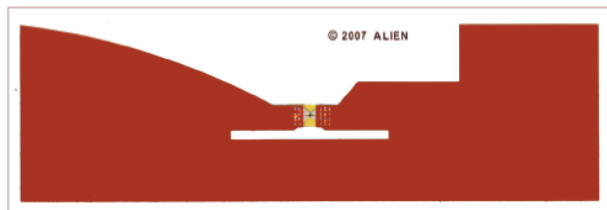
Figura 24 - Especificação do ALR-8800 [4]

No que concerne às *tags* (EPC Class1 Genetarion2), a Alien possui diversas opções que operam desde os 806MHz aos 960MHz e tem vários designs de acordo com a funcionalidade pretendida. As figuras que se seguem mostram cada um dos designs das *tags*.



Squiggle Inlay

- › World Tag: global operation 860 to 960 MHz
- › The EPC Class 1 Gen 2 price/performance benchmark
- › High-performance solution for most packaging including products containing metal and water
- › 97mm x 11mm



M Inlay

- › Global operation 860 to 960 MHz
- › High gain, high-performance inlay
- › Ideal for plastic totes, pallets & reusable assets
- › 94mm x 42mm



2x2 Inlay

- › Global operation 860 to 960 MHz
- › Omni-directional inlay designed for applications such as airline baggage and apparel
- › Square design enables cost effective conversion for vertical labels
- › 47mm x 42mm

Figura 25 - Tags da Alien [4]

As especificações das *tags* podem ser vistas na tabela seguinte.

Environmental Specifications		RF Protocol	
Operational Temperature Range	-25° C to +65° C	ISO/IEC 18000-6C	
Shelf Life	2 years	EPC Class 1 Gen 2	
Recommended Storage Conditions	-25° C to +50° C 20% to 90% RH, Non-Condensing	EPC Memory Size	96 Bits
Drop Resistance	Per ASTM D5276	Access Control	32 Bits
RoHs	2002/95/EC Compliant	Kill Code	32 Bits
ESD	Human Body Model – 1.5 KV Minimum	Programming Cycles	10,000 Write Cycles
	Charged Device Mode – 1.5 KV Minimum	Product Specifications	
		Operating Frequency	860-960 MHz for operation in the Americas, Asia, Europe and Africa

Tabela 5 - Especificações das tags da Alien [4]

A Alien possui ainda uma oferta ao nível das antenas. Desta forma, é possível juntar à solução antenas com polarização circular com 5,5dBi (ALR-8610-AC) ou com polarização linear que possuem 6,0dBi (ALR-8610-AL) de forma a ajustar o sistema *reader/tag* a uma performance otimizada.



Figura 26 - Antenas, *reader* e *tags* Alien (UHF) [4]

3.2 – Alvin Systems

A Alvin Systems é um fabricante [5] e integrador que possui uma solução UHF implementada com o leitor da Alien. A solução consiste num portal de leitura, ou seja, um portal *reader*. Este portal é compatível com as *tags* Gen2. Este sistema possui todas as características do *reader* da Alien.



Figura 27 - *Reader* UHF da Alvin Systems [5]

3.3 – Assa Abloy Identification Technologies

Este fabricante [3] possui *tags* passivas em formato de *smart card*. Para além disso ainda tem a possibilidade de personalizar o cartão e incluir uma banda magnética.



Figura 28 - *Tags* em formato de cartão da Assa Abloy [3]

ISO Cards features		
Self Resonance Frequency	869Mhz to 915 Mhz	
Dimensions	ISO 85.60 x 53.98 x 0.76mm	
Magnetic stripe	With or without (HICO, LOCO)	
Standard material	PVC. Both sides white/white glossy.	
Optional material	PET-G and others on request	
ICs technologies	869Mhz to 915 Mhz	U-Code® and others on request.
Contact module	- Various memory, micro-controller technologies available	
Options & Personalization	<ul style="list-style-type: none">- Punch marks in 2 or 3 positions (not available for all cards)- Punch slots- Printing before (offset) and after lamination (single cards offset)- Signature panel- Silkscreen printing (metallic colours)- Hologram hot stamping- Thermo re-writable foil- Contact module embedding (available as well on plastic cards only)- Code number printing (Wiegand, Hexa, Dec and more), using inkjet or thermo- transfer technologies- Initialisation and encoding	
Card personalization	Excellent printability with <ul style="list-style-type: none">- Thermal-transfer printers- Offset printing technologies	

Figura 29 - Características UHF da tag da Assa Abloy [3]

3.4 – ASK

A ASK [6] possui *tags* passivas (EPC class1 Gen1 e Gen2) embutidas em papel. Para além disso ainda tem a possibilidade de embeber a *tag* num cartão.



Figura 30 - Tags UHF da ASK [6]

Na figura seguinte podem ver-se as especificações das *tags*.

Main Label specifications	Long range UHF
Frequency	860-965 MHz
Supported protocols*	EPC class 1 Gen 1 & Gen 2
Supported chip*	XRA00, EM4222, EPC Gen 2
EEPROM (bits)	64 bits to 512 bits
Unique S/N (bits)*	64* or EPC
Memory protection	Read Only or Read/Write
Anti-collision	Up to 200 per second
Data retention time	10 years
Communication range:	
Typical	10 feet (3 m)
Maximum	25 feet (8 m)
Working temperature	- 4°F to + 160°F (-20°C to + 70°C)*
Storage temperature	- 4°F to + 160°F (-20°C to + 70°C)*

Figura 31 - Especificações das *tags* UHF da ASK [6]

3.5 – Skyetek

Este fabricante [15] possui um dos leitores mais pequenos do mercado, sendo, aproximadamente, 50% mais pequeno do que um cartão-de-visita (ver Figura 32). Cumpre as normas ETSI 302-208 e é compatível com a norma EPC.



Figura 32 - Reader UHF da Skyetek [15]

As figuras seguintes mostram as características técnicas do *reader* da Skyetek.

Features:

- Half the size of a typical business card.
- FCC and ETSI (302 208) compliant providing a global SKU for pre-scan certification in major markets.
- Common Blade compact flash type II form factor compliant.
- Reads and writes to transponders based on EPC, and ISO 18000-6 air interface protocols covering 862 to 955 MHz
- Upgradeable support for standardized encryption algorithms (DES, 3DES, and AES), and secure hash functions (SHA and MD5).
- RF output power is software adjustable from 15mW to 500mW
- Power operating from 3.3V to 5.0V.
- Power management intelligence allows current to be set as low as 100 μ A (Sleep Mode) for use in battery operated devices.
- Three host-interface options USB, UART (TTL), and SPI, which are software selectable.
- Adjustable serial data rates from 4.8 to 115.2 kbps
- Standard 50 Ohm antenna output to enable attachment of an external antenna to extend read range / rate.

Figura 33 - Características do reader da Skyetek (parte 1) [15]

Tag Support²

Protocol	Verified Manufacturers
EPC C1G1	Alien, STMicro
ISO18000-6B	Fujitsu, NXP, Rafsec
EPC C1G2 / ISO18000-6C	Alien, Atmel, Avery Dennison, Hitachi, Impinj, Omron, Rafsec, TI

Specifications

Frequency 862-955 MHz			Compliance⁴ FCC 15.247 EN 302-208 EN 301-489 AS/NZS 4268:2003 DGT LP002 HKTA 1049 IDA TS SRD MIC 2005-50 RoHS		Current Consumption Sleep Mode: 5 mA Idle Mode: 170 mA Scan Mode: 800mA @ 27 dBm 650mA @ 24 dBm 500mA @ 21 dBm
Physical	CF³	MH³	Transponder Communication Rate EPC C1G1: slow & fast modes EPC C1G2 / ISO 18000-6C: 40, 80 kbps ISO 18000-6B: 40 kbps		
Length:	66 mm	70 mm	Air-interface Protocols EPC C1G1 EPC C1G2 / ISO 18000-6C ISO 18000-6B ISO 18000-6A ³		
Width:	36 mm	53 mm	Antenna Options 50 Ω port with MMCX (female) VSWR 1.5:1 or lower for best performance		
Height:	5 mm	9 mm	Supply Voltage 4.5-5.5 V		
Weight:	10.7 g	12.5 g	Output Power Adjustable 10-27 dBm @ 0.1 dB steps Power Accuracy: \pm 1 dBm		
Environment Storage Temperature: -30°C to 85°C Operating Temperature: -20°C to 70°C			Singulation Performance Up to 50 tags/second (25-35 typical)		
Host Communication Interfaces/ Data Rates TTL: 9.6-115.2 kbps SPI Mode 1: up to 10MHz USB 2.0 Full Speed: 12 Mb/s PC: 100/400 KHz			Read Range Approx. 3.5m with 6 dBi linearly polarized antenna <i>Performance dependent on tag type, configuration, and other environmental conditions</i>		
Peripheral I/O Connection 7 programmable GPIO pins CF 4 programmable GPIO pins MH					

Figura 34 - Características do reader da Skyetek (parte 2) [15]

3.6 – Intermec

Este fabricante [10] possui *tags* que operam nas bandas 865MHz, 869MHz e 915MHz. Por sua vez as *tags* suportam as normas EPC Gen2 e a norma ISO 18000-6C *air interface*. A Figura 35 ilustra a *tag* da Intermec que pode ser personalizada com foto ou com banda magnética.



Figura 35 - *Tag* da Intermec [10]

A Intermec disponibiliza ainda um estudo (vide Figura 36) acerca da forma como a sua *tag* se comporta de acordo com a frequência e de acordo com o material que as radiações atravessam.

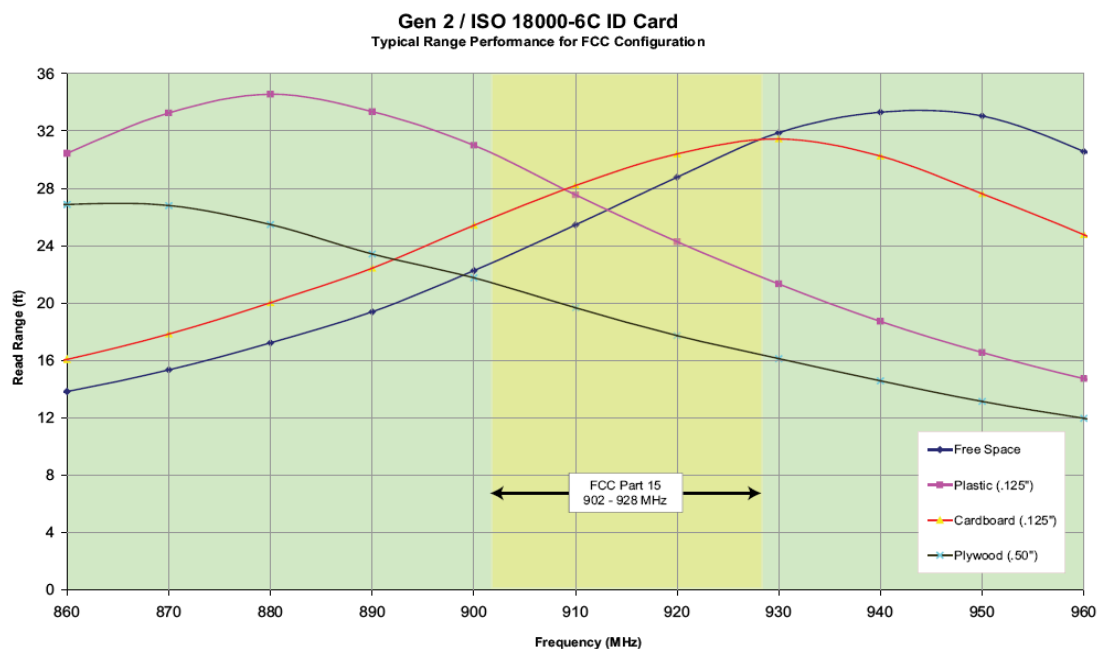


Figura 36 - Alcance de leitura vs frequência (para vários materiais) [10]

A Intermec possui ainda alguns *readers* adequados a esta proposta de implementação. Assim sendo, os seus leitores, de uma forma geral, possuem compatibilidade (*read/write*) com as *tags* EPC Class 1, EPC Gen2 e *tags* ISO. Os *readers* operam dentro das bandas de 865MHz, 869MHz, 915MHz ou 950MHz.

Na figura seguinte pode ver-se um comparativo entre os vários *readers*. Para além das diferenças demonstradas na figura seguinte, há que ter ainda em conta o, facto de uns poderem ter servidores web, linguagens de programação e diversos interfaces de acesso.

Model Number	IF30 Fixed	IF4 Fixed	IF5 Fixed	IF61 Enterprise Reader
				
Accessories	Antennas, antenna cables, mounting bracket	Country specific power cables. FCC & ETSI Antennas and cables	802.11g radio, antennas, antenna cables, mounting bracket, Compact Flash card	802.11b/g radio, power cables, antennas, antenna cables, mounting bracket, spinning drive.
Environment	Operating Temperature: -20°C to 55°C (-13° F to 131° F) Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22° F to 167° F) Humidity: 10% to 90% (Non-condensing) Enclosure: IP53	Operating Temperature: -20°C to 55°C (-4°F to 131°F) Storage Temperature: -40°C to 85°C(-40°F to 185°F) Humidity (non-condensing): 10% to 95% Shock: 10 G, 11ms, half sine pulse(operating) Vibration: 1.0 GRMS. 10 to 500Hz, 3 axis (operating)	Operating Temperature: -25°C to 55°C (-13° F to 131° F) Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22° F to 167° F) Humidity: 10% to 90% (Non-condensing) Enclosure: IP53	Operating Temperature: -25°C to 55°C (-13° F to 131° F) Storage Temperature: -30°C to 75°C (-22° F to 167° F) Humidity: 10% to 90% (Non-condensing) Enclosure: IP54 Shock and Vibration: MIL-PRF-28800F, Class 2
Physical Characteristics	Length: 32.35 cm (12.74 in) Width: 22.60 cm (8.90 in) Height: 8.25 cm (3.25 in) Weight: 6.75lbs (3.06 Kg)	Length: 19.1 cm (7.5") Height: 6.6 cm (2.6") Width: 13.5 cm (5.3")	Length: 35.6 cm (14 in.) Width: 23.1 cm (9.1 in.) Height: 9.53 cm (3.75 in.)	Length: 32.4 cm (12.74 in) Width: 22.6 cm (8.90 in) Height: 10.8 cm (4.25 in) Weight: 2.55kg (5.62 lbs)
Power	Duty Cycle: 100% 110-240 VAC auto ranging Power Supply is internal and included	Input: 90-260VAC, 50-60Hz Output: 9VDC, 2.6ADC	Duty Cycle: 100% 110-240 VAC auto ranging Power supply is internal and included	Internal power supply: 95-264 VAC auto ranging, 47-63 Hz

Figura 37 - Readers da Intermec [10]

No que concerne a antenas, a Intermec tem uma oferta variada, sendo de destacar as da Figura 38.

Model Number	Antenna Cell	IA33B	IA39B	IA39C
				
Connector	IA33D: N IA33E: N Reverse Polarity	SMA Reverse Polarity	N	N/A
E-Plane Beamwidth	82 degrees (half power)	120 degrees	30 degrees (half power)	55 degrees (half power)
Frequency Range	IA33D: 865 – 870 MHz IA33E: 902 – 928 MHz	824 - 896 MHz	865-870 MHz	865-928 MHz
Gain	6.0 dBi	5 dBi	10.5 dBic	8 dBic
H-Plane Beamwidth	FCC: 82 degrees (half power) ETSI: 66 degrees (half power)	360 degrees	70 degrees (half power)	60 degrees (half power)
Impedance	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms	50 Ohms
Maximum Input Power	10 Watts	50 Watts	100 Watts (at 50°C)	100 Watts (at 50°C)
Polarization	Right Hand Circular	Circular	Circular	Circular
VSWR	<1.5:1	1.2:1	<1.3:1	<1.3:1
Cable Length	ALBR provides built-in Antenna Cell cable	13 feet	N/A	N/A

Figura 38 - Antenas UHF (ETSI) da Intermec [10]

Na figura seguinte pode ver-se em detalhe o diagrama de radiação da antena IA33B.

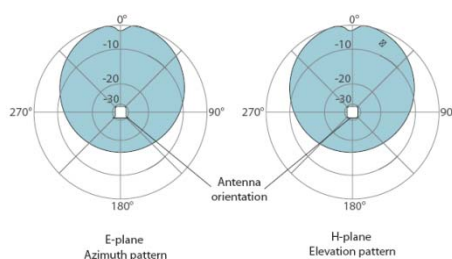


Figura 39 - Detalhe da antena IA33B [10]

3.7 – Ipico

A Ipico [11] possui *readers* adequados à implementação da solução.



Key Features

- Read-Only or Read/Write, compatible with EM4222, EM4122 and EM4444 chips
- Can comply with any spectrum allocations in the UHF band (860 – 960 MHz) up to 4 W EIRP
- Long range (up to 10 m depending on TX power and tag type)
- Robust anti-collision protocol (up to 240 tags read simultaneously)
- High tag read rate – up to 200 tags/sec in multi-read application
- Standard output RS232; RS485, Ethernet, Wiegand outputs optional
- Real time clock (RTC)
- IP-65 enclosure and connectors
- Software, hardware and diagnostics control
- Built-in test and diagnostics
- Front panel status LED

Figura 40 - Reader da Ipico [11]

Power setting (-rfp-)	0.5 W ERP	1.0 W EIRP	4.0 W EIRP
Read range	Typical read ranges (depends on reader placement and tags used)		
	1 – 3 m	3 – 5 m	6 – 8 m
Power supply (psu)	Mains input type: 90 - 264 VAC @ ~1.4A, 50/60 Hz Low voltage input type: 11.7 – 12.3VDC @ 2.5 A max (typ 600mA for 500 mW reader) (12V device is reverse protected up to 20V max. Provision must be made for additional surge protection and regulated power if necessary)		
Antenna type	Internal 4 dBil circularly polarised		
Communication	Binary or ASCII RS232 with programmable baud rate and flow control Options: Galvanic Isolated RS485/RS422, Wiegand with RS232, Ethernet.		
Data storage	Standard: Internal circular FIFO spool buffer for 64 tags. This data is transmitted as a free running stream and needs to be captured externally by a PC or by a DIMI controller, or other device. Serial protocol manual available. Reader can be configured to send only the first instance of each tag ID it receives, with a settable time-out.		
Electrical interface	12 Pin (P1) circular connector for DATA with 6m cable with 9 Pin D type female connector at the other end 3 Pin (P2) circular connector for POWER with 6m cable with no connector at the other end		
Environmental	Operating temperature range: -10 to +60C, Storage temperature range: -20 to +85C Humidity: 5 to 95% non-condensing, IP rating: IP 65, UV protection: Yes		
Physical	Dimension: 305 (W) x 805 (L) x 60 (H) mm, (Height excludes mounting brackets) Weight: Approx. 6.5 Kg unpacked, 10Kg Packed for shipping.		
Mounting	Two pole-mounting brackets dia. < 60 mm diameter		
Approvals	EMC: CE approved EN 300 683, EN 300 220-1&3, EN 6100-3-2&3, FCC pre-compliance, (Full FCC compliance pending) Safety: CE approved IEC 60950, (Full UL safety compliance pending) Environmental: IEC 60068-2-1,2,5,28, IEC60529, IP65		

Figura 41 - Detalhes técnicos do reader da Ipico [11]

Este fabricante anuncia ainda, no seu site, que tem uma *tag* cujo alcance é de 2m a 20m (máximo). Esta *tag*, e respectivos detalhes técnicos, podem ser vistos nas figuras seguintes.

Available sizes

- 110 x 10 mm, 75 x 40 mm, 50 x 30 mm



110 x 10 mm label

Key Features

- Low cost single chip solution
- Available for most spectrum allocations, including FCC, ETSI, ACA, WPC, etc.
- Robust anti-collision protocol – up to 240 tags can be read simultaneously
- Factory programmed 64 bit ID number
- Fast moving tags can be read – up to 300 km/h
- High tag read rate – about 200 tags/sec in a multi-read application
- Passive – no battery
- Compatible with all IP-X Read/Write and Read-Only tags in mixed populations
- Compatible with all IPICo UHF readers
- High tag data transmission rate – 256 kbit/sec typical
- Frequency independent chip – (used at frequencies from 315 MHz to 2.45 GHz)
- 40 to +85° C

Figura 42 - Detalhes técnicos da tag da Ipico (parte1) [11]

Specifications

Device name	IP-X UHF Smartlabel
Part Description	IP-X X2-rff-V4-S110x10x0.3-ADH, IP-X X2-rff-V4-S75x40x0.3-ADH, IP-X X2-rff-V4-S50x30x0.3-ADH
Power requirements	No batteries (passive back-scatter)
Read Range	2 - 7 m (Depends on reader power output and configuration)
Tag Data rate	256 kbit/s typical
Max Tag speed	Depends on number of tags present simultaneously. See Multi read Performance Table on page 1 and graph below
ID Length	64 bits (16 bit CRC)
Protocol Saturation	<ul style="list-style-type: none"> Protocol optimised for general purpose use (31 transmissions per sec average) Max Interval = 16 kbit Data rate 256 kbit/s
Multi-read rate	Average time to read: 5 tags = 16 msec, 10 tags = 40 msec, 50 tags = 316 msec
Antenna	Printed antenna on flexible substrate
Programmability	Factory programmed Read-only ID
Life Expectancy	Virtually indefinite
Environmental	Operating temperature range: -30 to +70C Storage temperature range: -40 to +85C Humidity: 5 to 95% non-condensing
Physical	110 x 10 mm: Roll of 3,000 tags, Mass = 1.6 kg 75 x 40 mm: (Information not available) 50 x 30 mm: Roll of 4,500 tags, Mass = 2.6 kg

Figura 43 - Detalhes técnicos da tag da Ipico (parte2) [11]

Typical read ranges

Reader power	0.5W ERP	1 W EIRP	4 W EIRP	8 W EIRP
Region/Regulator	Europe/ETSI	Australia/ACA	South Africa/ICASA USA/FCC	
Read range of 110 x 10 mm tag	2 – 3 m	2.5 – 3.5 m	5 – 7	6 – 8 m

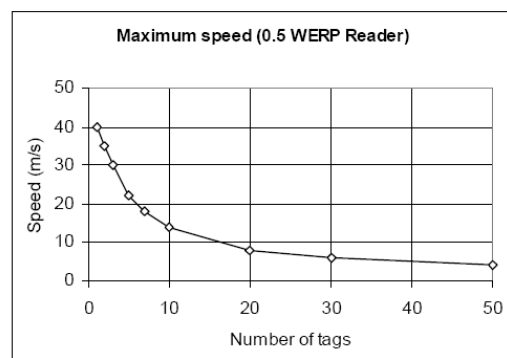
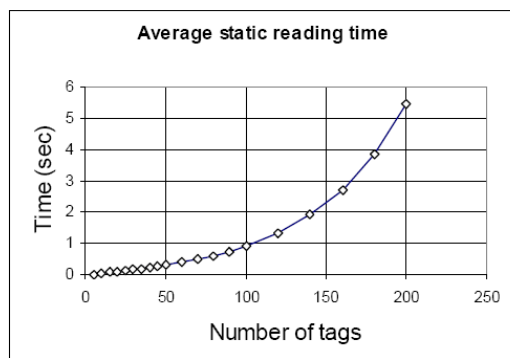


Figura 44 - Detalhes técnicos da tag da Ipico (parte3) [11]

3.8 – Caen

Este fabricante [8] possui exclusivamente material RFID UHF. Tem no seu leque de produtos *tags*, *readers* e antenas.

Tem um *reader*, A528, de pequenas dimensões como se pode ver pela figura seguinte (Figura 45).



Figura 45 - *Reader* de pequenas dimensões da Caen [8]

O *reader* A528 possui como principais características, para além do tamanho reduzido, o facto de permitir ajustar a potência de saída (até no máximo 500mW) e cumprir as normas ETSI EN 320-208 (mais detalhes ver Figura 46).

Highlights

- Based on Intel® RFID Technology
- Multi-Regional Support (ETSI EN 302 208 and FCC part 15)
- Gen2 Dense Reader Mode capability
- USB 2.0 Full Speed Device Port
- SW programmable output power (max 500 mW)

Figura 46 - *Highlights* do reader Caen A528 [8]

O *reader* CAEN A948 tem a capacidade de ligar a 4 antenas e é compatível com as normas ETSI EN 302-208 e ETSI EN 300-220. É ainda compatível com UCODE EPC 1.19, ISO 18000-6B e EPC Class1 Gen2. Todavia, outros protocolos UHF podem estar disponíveis através de *upgrade* de *firmware*. O leitor e os detalhes podem ser vistos na Figura 47.



Highlights

- Multi Protocol
- Four antenna ports
- ETSI EN 302 208, ETSI EN 300 220 and FCC part 15 versions available
- EPC C1 G2 compliant
- Multiple host interfaces: RS232, RS485, USB and Ethernet
- Fully upgradeable

Figura 47 - Reader da Caen A948 [8]

As antenas deste fabricante são de polarização linear e circular. Todavia, as de polarização circular adequam-se melhor.

Este fabricante possui ainda kits de desenvolvimento nos quais englobam qualquer um dos seus leitores, antenas e *tags*.

As *tags* deste fabricante não se adequam à solução pretendida. Todavia, os leitores são compatíveis com *tags* de outros fabricantes.

4 – Sistema de localização para armazéns

4.1 – Descrição

A organização e gestão de armazéns empresariais estão directamente relacionadas com localização e movimentação dos produtos que passam pelo local de armazenamento, onde pode perder-se o *tracking* de uma dada encomenda ou mercadoria. Desta forma, é de todo o interesse organizacional saber onde se encontra um determinado item dentro das instalações de uma empresa.

Partindo do princípio que após a produção de um determinado conjunto de produtos estes são embalados numa palete, é necessário saber o seu percurso dentro da fábrica e/ou armazém.

Torna-se essencial ter a capacidade de fazer *tracking* de um determinado item ou conjuntos de itens (palete) dentro de um armazém.

A localização por si só é interessante, mas de nada serve se não houver integração com todo o sistema de gestão do armazém ou fábrica.

Será possível, a qualquer empregado, saber num dado momento onde se encontra o que ele procura, tanto por visualização num sistema central como num simples PDA.

Existem actualmente sistemas de armários automáticos que permitem saber perfeitamente se um determinado item se encontra em stock e onde está. Estes sistemas equipam diversos sectores de actividades, todavia, em empresas cujos itens produzidos são de grande dimensão estas estruturas não são adequadas. O sistema de armários está assim limitado a alguns sectores de actividades e acarreta um grande custo de implementação pois, por vezes, é necessário fazer alterações profundas na infra-estrutura de um edifício. Não pode ser aplicado em armazenamento de itens de grandes dimensões pois existem limitações técnicas para a dimensão dos compartimentos para os diversos itens. De uma forma geral, estas estruturas necessitam de uma altura elevada, pois estão construídas ao alto para poupar em área. Pode-se fazer uma analogia à área ocupada por dez residências ou por um prédio com dez apartamentos (sistema de armários automáticos).

4.2 – Requisitos do sistema

Dentro de um armazém existem diversos itens, podendo ser eles matérias-primas ou produtos. No sector relacionado com produção e logística, saber onde se encontra um determinado item de armazém é essencial pois permite poupar imenso tempo e recursos. Por exemplo, colocar duas pessoas a procurar itens no armazém (que se sabe que existem em *stock*) durante o dia inteiro significa cerca de 16 horas gastas em localização, o que ao fim de um ano resulta em 3520 horas de trabalho. Este tempo de procura pode tornar a cadeia de logística muito lenta ou mesmo muito ineficaz. Assim sendo, um dos problemas associados à questão da localização é o impacto que isso pode causar na cadeia de logística.

Torna-se então essencial especificar um sistema capaz de colmatar estas falhas.

Desta forma, é necessário que o sistema seja capaz de informar em que local se encontra uma determinada palete. Esta informação pode estar acessível, através de WiFi, a partir de qualquer ponto da fábrica/armazém.

Associado à localização, é imperativo saber informações acerca do produto como por exemplo, o peso, a classe de produto, o volume, etc.

Todo o percurso do item dentro da fábrica/armazém é passível de ser registado, sendo assim possível fazer um *tracking* do mesmo.

Deverá ser possível saber quando um determinado empilhador carrega uma determinada carga de um local de origem para o local de destino.

A solução desenhada não pode acarretar um custo significativo ao produto. Com efeito, é necessário adequar a solução ao tipo de produto. Para este fim, podem surgir algumas

variações na forma como a palete é identificada, podendo ou não recorrer-se a RFID para identificá-la.

Outro ponto importante é a possibilidade de ter online o stock existente, uma vez que este é uma das variáveis fundamental da gestão de um negócio/empresa.

4.3 – Diagrama de operação

Nesta fase será brevemente descrito o modo de operação do sistema, bem como o detalhe de cada etapa. Assim sendo, a figura seguinte (vide Figura 48) ilustra o processo associado à localização e posterior movimentação de uma paleta.

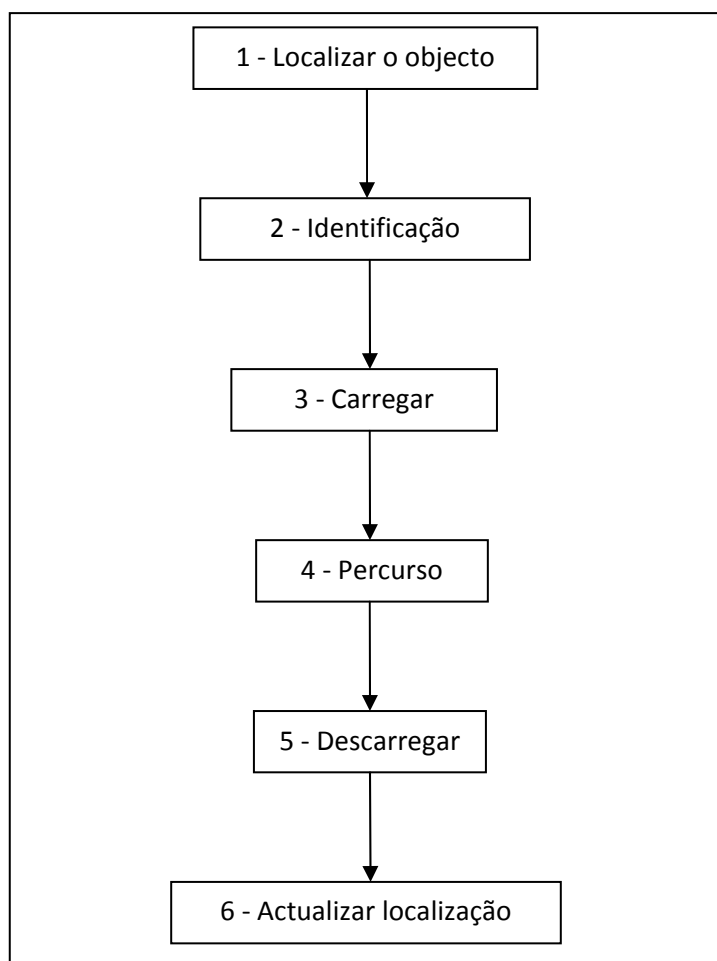


Figura 48 - Esquema de localização

De seguida irá ser descrita cada uma das etapas da figura anterior.

1. A localização do objecto é pedida ao sistema; se esta não existir pode-se assumir que se trata de um item novo e nesse caso pode ser introduzida manualmente. No caso de ser um item novo em armazém (saído da linha de produção), a sua localização será o fim da linha de montagem (localização conhecida).
2. Uma vez que se sabe onde o item se encontra (quer esteja arrumado em armazém, quer seja saído da linha de produção, quer tenha tido a sua posição inserida manualmente), este vai ser identificado. Assume-se que é nesta fase que são associadas à informação do produto algumas das suas características, como por exemplo, o peso, o volume, etc. É de referir que nesta etapa pode recorrer-se a RFID, ou não, para identificar uma determinada palete.
3. Assim que o produto estiver correctamente identificado com todas as suas características este pode ser transportado.
4. Todo o percurso é registado na base de dados do sistema, e é este trajecto que permite saber para onde irá a paleta. Alternativamente, de uma forma mais simplista, o trajecto pode ser registado apenas em pontos críticos, tipicamente pontos de recolha e pontos de descarga.
5. Ao descarregar a paleta, os sensores de elevação de carga dirão em que nível se encontra a carga e, desta forma, é possível saber a três dimensões onde se localiza uma determinada paleta.
6. Sabendo então o percurso e o local de descarga, bem como a elevação a que foi colocada a paleta, é possível actualizar a posição da paleta no armazém.

Este esquema não contempla a situação de um item sair do armazém para o meio de transporte. Todavia, este processo deve contemplar as etapas 1, 2, 3, 4, sendo a quinta o

registo de uma saída de armazém. O facto de sair de armazém pode despoletar vários eventos ou pode mesmo estar associado ao *tracking* de uma determinada encomenda.

4.4 – Identificação de um produto

Seria de esperar, sendo este um projecto com RFIDs, que a identificação de uma palete estivesse sempre associada a uma RFID. Todavia, e devido a razões de custo, pode nem sempre ser possível etiquetar todas as paletes com uma *tag* RFID.

Se o produto de uma determinada palete tiver um preço de mercado elevado, provavelmente o custo de uma RFID (alguns centimos de euro) não terá muito impacto na produção de milhares e consequentemente na venda dos mesmos. No entanto, se o produto que as paletes contêm for da mesma ordem de grandeza de preço que as *tags*, torna-se inviável implementar tal sistema. Todavia, não há uma separação nítida para saber quando compensa o uso de RFID pois há casos onde para produtos de maior valor, o simples facto de associar uma *tag* de poucos centimos a cada palete pode resultar num encargo diário assinalável, caso haja uma cadência de produção muito grande.

Para contornar esta dificuldade é possível equipar um empilhador com uma pequena webcam (preparada para ambientes industriais) de modo a fazer identificação por imagem de um determinado produto. Isto é possível tendo em conta que ao sair da linha de montagem cada palete terá imprimido ou colado um determinado número de série ou algo que a caracterize (e que tipicamente já está presente por fazer parte do processo produtivo).

Se o preço não for obstáculo é de salientar que ao embeber uma RFID numa determinada palete torna possível fazer o *tracking* desta desde a produção e ao longo de toda a cadeia de distribuição.

4.5 – Localização²

Para a localização haveria várias hipóteses, desde equipar o empilhador com uma *tag* activa, espalhar uma rede de sensores ZigBee por toda a instalação fabril, etc.

Por outro lado, com base na hipótese descrita nas secções anteriores, a localização torna-se simples se for possível acompanhar o trajecto do empilhador. Com esta informação e juntamente com a informação de quanto subiu o braço do empilhador é possível saber a localização 3d de uma determinada paleta.

De acordo com a colocação das RFIDs, existem variações no que concerne à localização. Para melhor compreender as soluções projectadas podem-se considerar as hipóteses apresentadas nos subcapítulos seguintes.

4.5.1 – Localização – Hipótese 1

A figura seguinte representa o armazém de uma fábrica. No armazém existem prateleiras para arrumação das paletes bem como RFID espalhadas de forma ordenada pelo chão do armazém.

² Para mais detalhes sobre sistemas de localização cf. Anexo B.

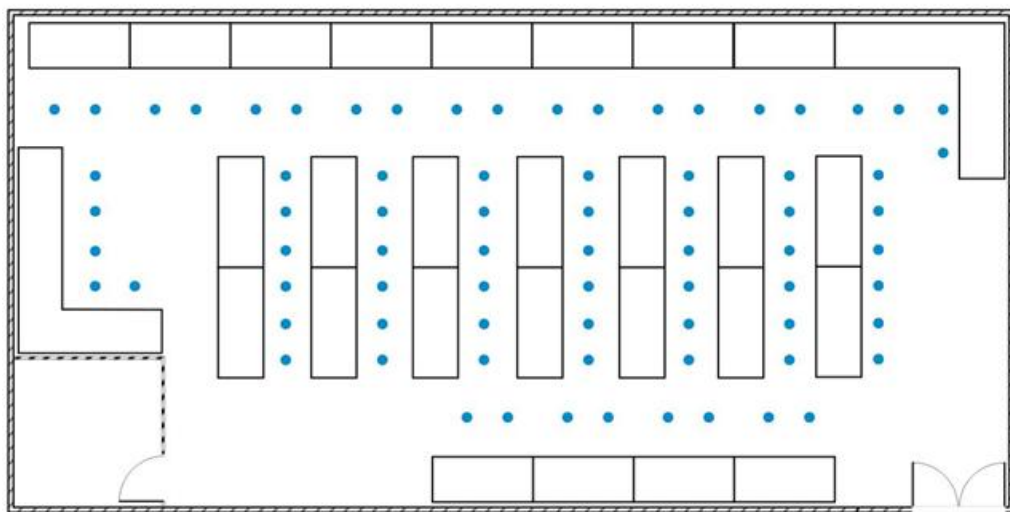


Figura 49 - Esquema do armazém com as *tags* (hipótese 1)

Na Figura 50, parte-se do princípio que o empilhador tem dois *readers* e, facilmente, se pode saber qual o percurso efectuado pelo empilhador. Além disso, é possível conhecer os ângulos de direcção que o empilhador tomou. O facto de possuir dois *readers* pode ainda ser uma mais-valia do sistema em termos de redundância. Este processo está ilustrado na figura seguinte.

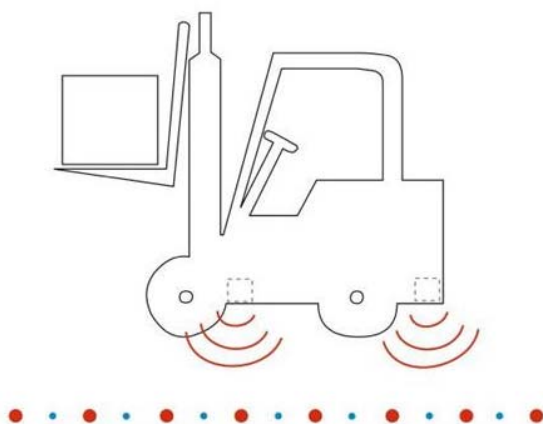


Figura 50 - Empilhador equipado com dois *readers*

O *reader*, ao saber qual é a *tag* ou grupo de *tags*, que está a ler vai transmitir, através de WiFi, esta informação para uma base de dados central.

Com base na *tag* ou grupo de *tags* lida, é possível saber o sítio exacto onde ocorreu a leitura dado que existe um registo que associa uma *tag* a um determinado local do armazém. Com efeito, sabe-se também a trajectória do empilhador. Se o empilhador possuir um sensor no elevador é possível ainda saber a localização em 3D.

4.5.2 – Localização – Hipótese 2

A próxima figura representa o armazém de uma fábrica no qual existem prateleiras para arrumação das paletes bem como RFIDs colocadas no chão, do armazém, em frente a cada prateleira.

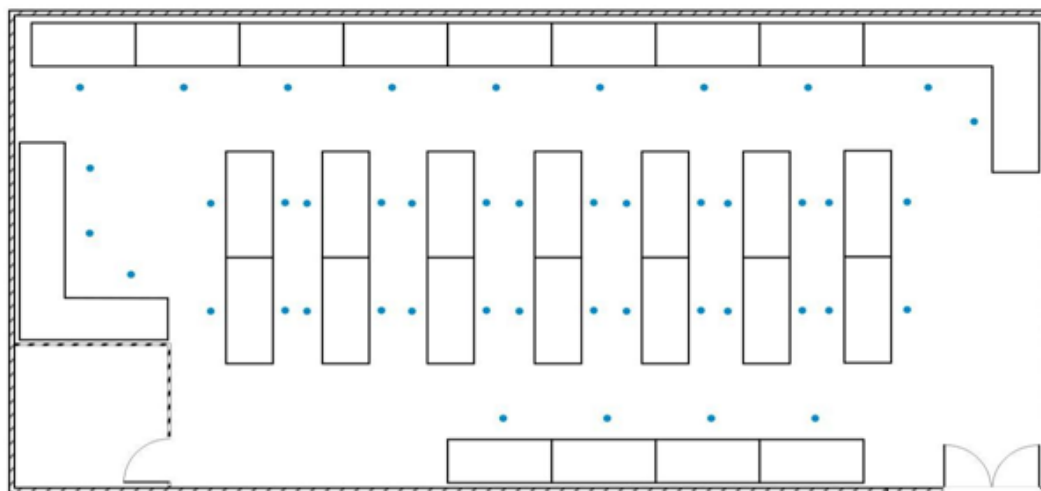


Figura 51 - Esquema do armazém com as tags (hipótese 2)

Na Figura 52 parte-se do princípio que o empilhador tem um *reader* e, facilmente, se pode saber onde o empilhador descarregou uma determinada paleta, dado que em frente a cada prateleira existe uma *tag* no chão. Este processo está ilustrado na figura seguinte.

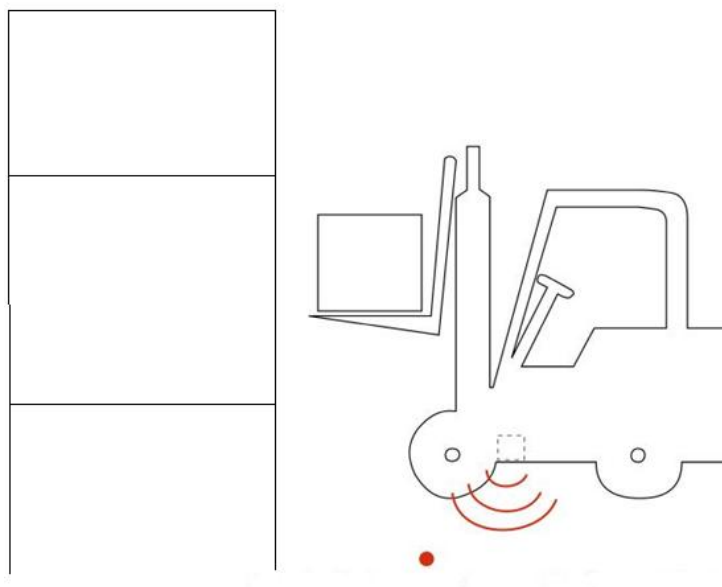


Figura 52 - Empilhador equipado com um *reader*

O *reader* descarrega a paleta numa determinada prateleira e em frente a essa prateleira vai existir uma *tag*. Ao saber qual é a *tag* lida o empilhador vai transmitir, através de WiFi, esta informação para uma base de dados central.

Com base na informação da *tag*, é possível saber o sítio exacto onde ocorreu a leitura, dado que existe um registo que associa uma *tag* a uma determinada coluna de prateleiras do armazém. Se o empilhador possuir um sensor no elevador é possível ainda saber a localização em 3D.

4.6 – Comentários sobre sistema de localização para armazéns

Este sistema permite poupar tempo e recursos no processo de localização. Na altura da implementação tem de se optar por uma solução de localização dando a escolher ao cliente a que melhor se adapta as suas necessidades. Desta forma, tanto um sistema como outro terão interesse.

É ainda importante referir que para este sistema funcionar sem falhas é necessário que a cobertura WiFi do armazém não apresente zonas com RSSI abaixo dos -65dBm (valor obtido através de *know-how* da Wavecom relativo a coberturas *indoor* de WiFi).

5 – Sistema de identificação de clientes

5.1 – Descrição

Em qualquer actividade de negócio é essencial prestar um bom serviço ao cliente. Num ramo de actividades com elevado número de clientes, e onde o cliente é sempre atendido pessoalmente, convém saber quem é o cliente para que melhor lhe seja direccionada a oferta. Desta forma, pode-se atender de uma forma personalizada e direccionar os serviços que uma determinada loja tem para oferecer ao cliente. O cliente por seu lado fica satisfeito pois vê que o atendimento que lhe é prestado é personalizado.

Para identificar cada cliente torna-se então necessário que cada um possua um dispositivo que o permita ser identificado cada vez que entra numa determinada loja. Como não se

pretende alterar, em nada, a maneira que o cliente entra na loja convém que este processo seja completamente transparente para o cliente. A grande maioria das lojas já possui hoje em dia um cartão de cliente, onde é associado um número de cliente, os seus dados, descontos, promoções, etc.

Uma vez que existe o cartão de cliente, pode embeber-se neste mesmo cartão uma *tag* de modo a que, quando o cliente entre na loja, exista uma forma de ser identificado. Por outro lado, a loja terá de estar equipada com *readers* de modo a que quando um cliente entrar seja automaticamente despoletada uma identificação.

5.2 – Modo de operação

Uma vez que cliente ao passar pela porta da loja, terá a sua *tag* lida pelo *reader*, os colaboradores dessa loja poderão saber quem é a pessoa que acabou de entrar. Com base no histórico de cliente, como por exemplo o tipo de compras, o serviço de atendimento do colaborador da loja pode agora ser otimizado, personalizado e direccionado.

A figura seguinte ilustra o processo.

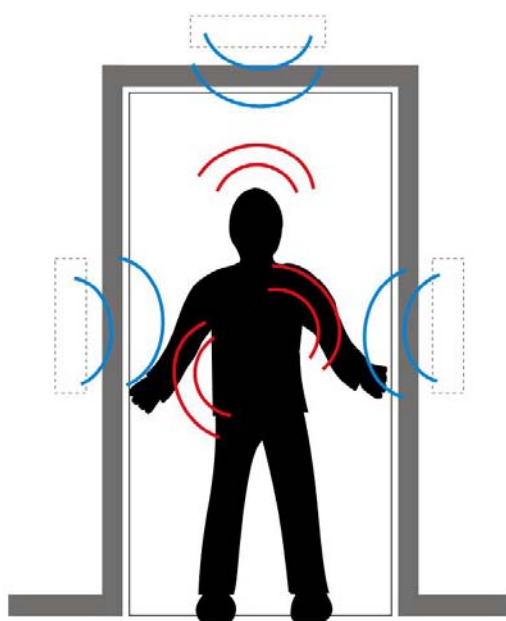


Figura 53 - Leitura da *tag* do cliente

De modo a que todo o processo de leitura do cartão (do cliente) seja transparente para o cliente é necessário escolher uma tecnologia que permita, acima de tudo, ter alcance de leitura de modo a que o cliente não tenha que se dirigir a um determinado local para mostrar a sua identificação. A condição necessária para o desenho da solução é a *tag* poder ser lida a uma distância considerável, 3m a 4m neste caso.

É necessário ter em consideração que o cliente passará pela porta e sem se aperceber está automaticamente a ser identificado. O processo de entrada na loja não pode ser alterado.

Internamente, a loja irá dispor de serviços e identificação do cliente e uma base de dados (exemplo: CRM), a qual pode informar o colaborador (da loja) das necessidades ou ajudar a prever as necessidades do cliente.

Existem no mercado diversos fabricantes de *tags* e *readers*. Há já inúmeros sistemas implementados actualmente. A maioria dos sistemas é em LF ou HF e começam agora a surgir os primeiros sistemas ou projectos de sistemas em UHF.

5.3 – Escolha do fabricante a adoptar para a implementação da solução

Ao escolher o fabricante ou o conjunto de fabricantes para implementar a solução é preciso ter vários aspectos em conta, um deles é o preço, mas outro muito importante é a fiabilidade.

Para além disto, a escolha do fabricante deve respeitar alguns critérios relativamente aos *readers*: Estes critérios de selecção são:

- Permitir ligar várias antenas em simultâneo;
- Ser compatível com diversas normas de leitura e escrita de *tags*;
- Permitir várias linguagens de programação (C++, Java, .Net);
- Possuir interface RJ-45;
- Permitir controlo de potência de transmissão;
- Permitir *upgrade* para novos protocolos;
- Robustez;
- Fiabilidade;
- Boa performance rádio.

Após efectuar a análise de mercado, cruzou-se a informação proveniente dos fabricantes com as necessidades do projecto. Consequentemente, escolheu-se o leitor A948 da Caen, dado que apresenta todas as características supracitadas.

5.4 – *Link-Budget* baseado no modelo de dois raios

Há a necessidade de fazer o cálculo teórico do balanço de potência da ligação do *reader* para a *tag*. Assim sendo, tem-se como base o modelo de dois raios.

Tendo em conta que o leitor A948 da Alien respeita a norma ETSI 302-208, pode assumir-se que no pior caso, a potência máxima PIRE é de 0,1W. Esta situação pode ser vista na figura abaixo.

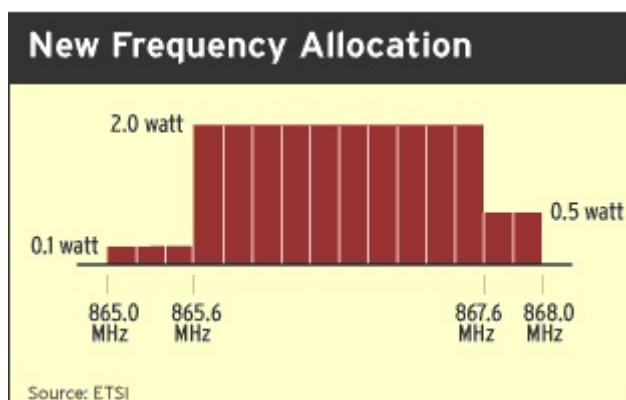


Figura 54 - Norma ETSI 302-208 [14]

As diferenças desta norma face à antiga podem ser vistas na tabela seguinte.

ETSI EN 300-220 vs. 302-208		
	ETSI EN 300-220 (existing)	ETSI 302-208 (new)
Frequency	869.4 – 869.65 MHz	865 – 868 MHz
Bandwidth	0.25 MHz	3.0 MHz
Maximum Power	0.5 watts ERP	2.0 watts ERP
Channels	1	15
Duty cycle	10% (6 mins/hour)	97.5% or more
Data rate	Similar to the data rate in the U.S.	30% of the data rate in the U.S.

Source: ETSI

Tabela 6 - Comparação entre a norma ETSI 300-220 (antiga) com a norma ETSI 302-208 (actual) [14]

Como já foi referido, os cálculos da potência recebida pela *tag* irão ser efectuados para o caso em que o leitor se encontra na zona de menor potência máxima de emissão, ou seja, 0,1W (20dBm).

Para efectuar os cálculos ter-se-á como base uma representação idêntica à figura seguinte.

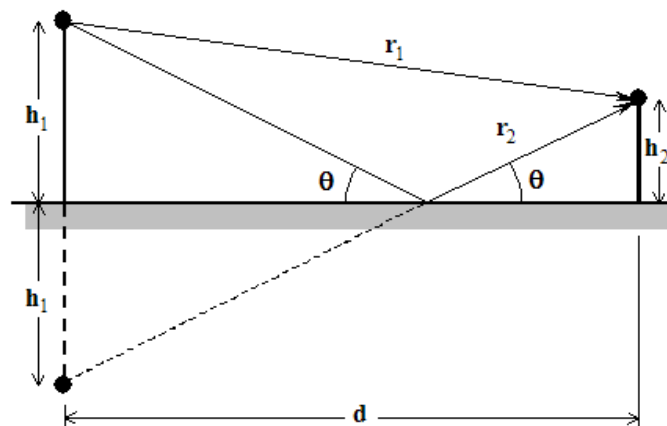


Figura 55 - Esquema do modelo de dois raios

De acordo com a figura anterior, considera-se [7]:

- h_1 – altura do *reader*
- h_2 – altura da *tag*
- d – distância entre o *tag* e o *reager* (distância variável)
- P_t – potência transmitida

Para os cálculos ter-se-ão em consideração as formulas abaixo apresentadas.

$$j = \sqrt{-1} \text{ (1) – Unidade imaginária}$$

$$\lambda(f) = \frac{3 \cdot 10^8}{f} \text{ (2) – Comprimento de onda}$$

$$k(f) = \frac{2 \cdot \pi}{\lambda(f)} \text{ (3) – Número de onda}$$

$$\Delta r(d) = \frac{2 \cdot h_1 \cdot h_2}{d} \text{ (4) – Diferença entre o comprimento dos raios}$$

$$Pr(d, f) = P_t \cdot \left(\frac{\lambda(f)}{4 \cdot \pi \cdot d} \right)^2 \cdot \left(|1 - e^{-j \cdot k(f) \cdot \Delta r(d)}| \right)^2 \text{ (5) – Potência recebida}$$

$$LdB(d, f) = 10 \cdot \log \left(\frac{P_t}{Pr(d, f)} \right) \text{ (6) – Path Loss em dB}$$

Para efectuar os cálculos considerou-se $f=865\text{MHz}$ e verificou-se que todos os cálculos eram efectuados na zona do espaço distante, ou seja, $r > \frac{D^2}{2 \cdot \lambda(f)} = \frac{0,15^2}{2 \cdot 0,35} = 0,032m$.

Foi ainda considerado $P_t=20\text{dBm}$ (0,1W), $h_1=1,5m$, $h_2=1,2m$ e a distância d a variar entre 0,1m e 10m (considerou-se a distância inicial igual a 0,1m em vez de 0,032m porque, na realidade, nunca se irá estar “colado” à antena; a própria protecção de plástico da antena tem um afastamento maior do que 0,032m).

Com efeito, tendo em conta a região de espaço distante, o gráfico do modelo de dois raios é o seguinte:

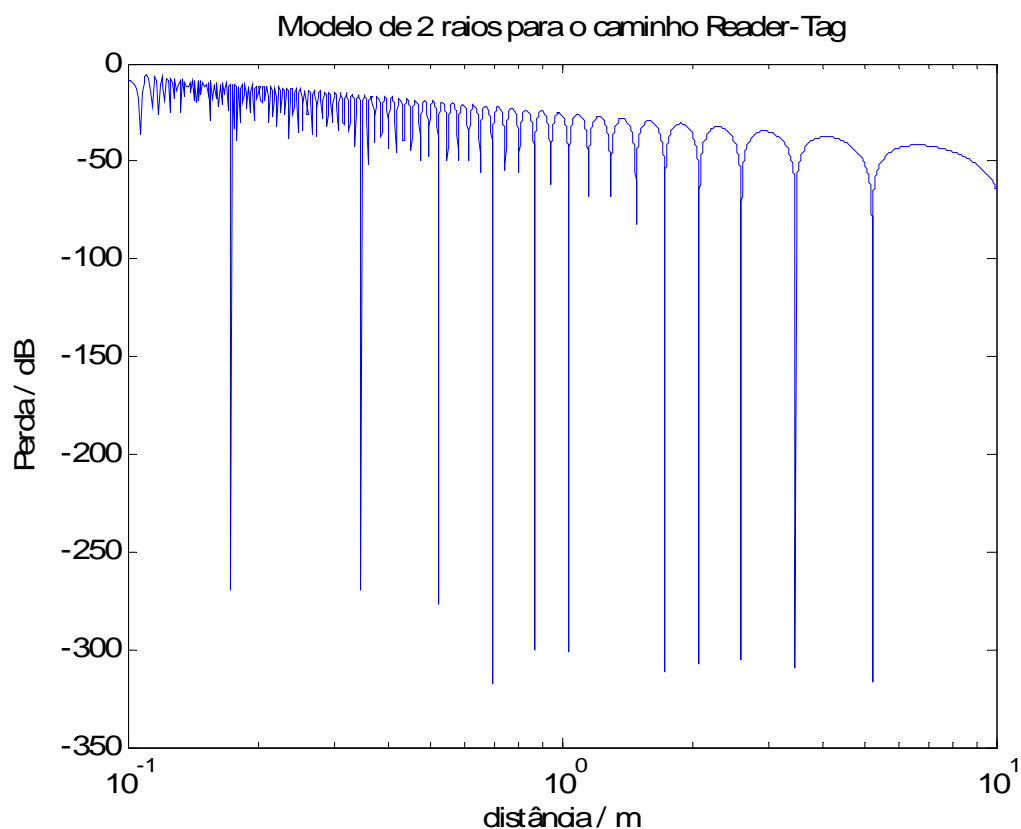


Figura 56 - Gráfico do modelo de dois raios

Tomando como exemplo que a *tag* se encontra a 2,5m do *reader*, pode concluir-se, tendo como base o gráfico anterior, que a *tag* irá receber um sinal atenuado de 40dB. Assim sendo, a *tag* receberá um sinal de aproximadamente -20dBm.

Considera-se que no caminho *tag-reader* as perdas são iguais ao caminho *reader-tag*.

Desta forma, partindo do princípio que a *tag* idealmente não introduz perdas, esta irá responder emitindo de -20dBm. Assim sendo, o *reader* irá receber um sinal de -60dBm.

Uma vez que o fabricante não fornece dados relativos à sensibilidade (S_i) do receptor pode assumir-se então que a S_i será, neste caso menor ou igual a -60dBm. Todavia, não sendo ideal, a *tag* introduz perdas, pelo que é necessário ter esse factor em conta. Consequentemente, a S_i do *reader* será igual ou menor a -60dBm menos as perdas da *tag*.

5.5 – Medições de espectro

Recorrendo ao cenário da figura seguinte fez-se ainda em laboratório uma medição do espectro do *reader*. Recorreu-se a um atenuador de 10dB.

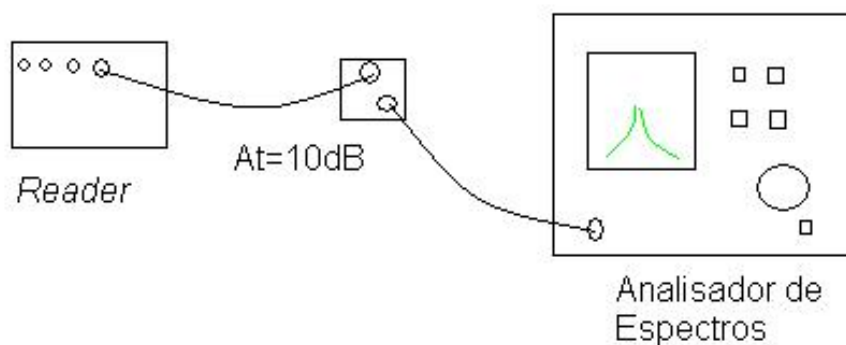
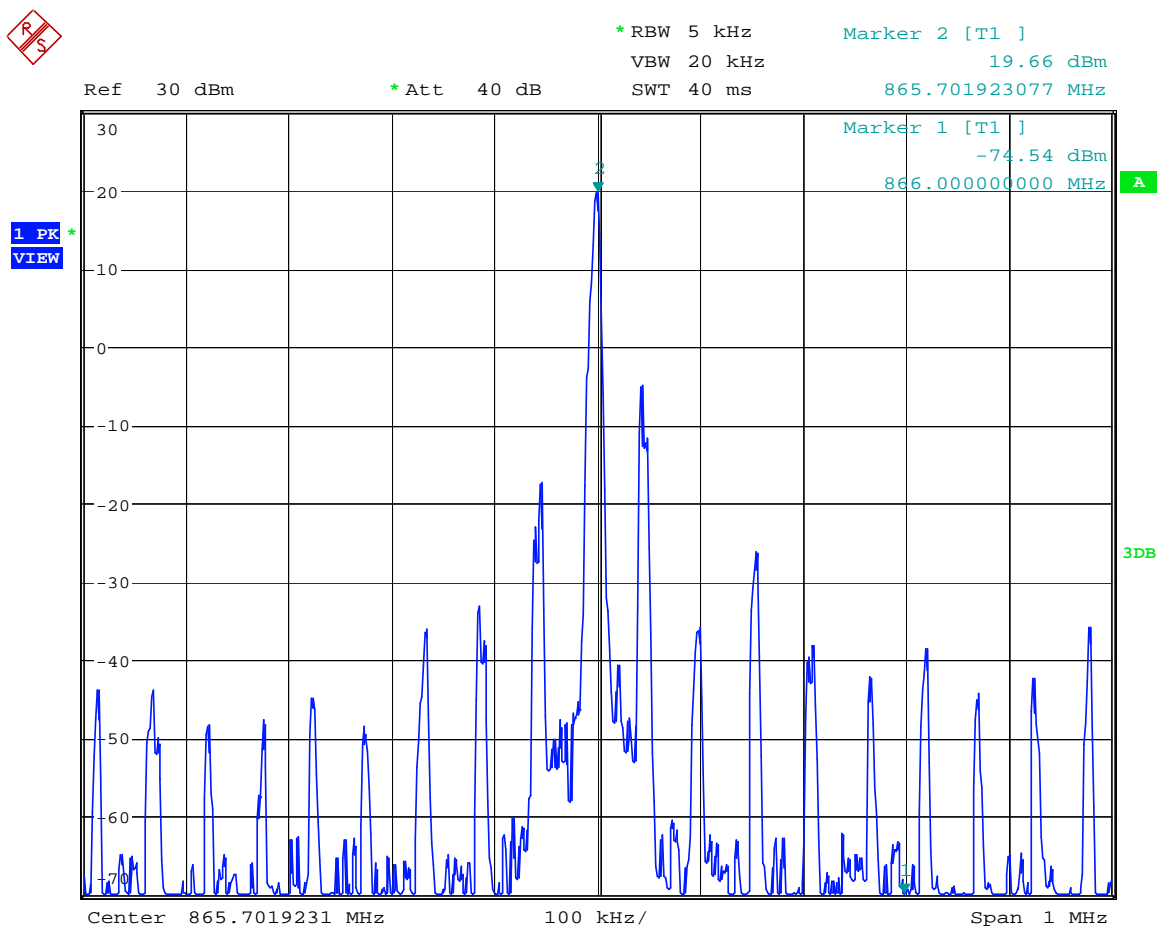


Figura 57 - Cenário de testes

Com efeito, foi obtido o gráfico que se segue.



Date: 27.NOV.2007 12:38:22

Figura 58 - Espectro do reader

De acordo com o espectro anterior, pode observar-se a comutação entre Tx e Rx. Pode ainda verificar-se que na altura desta captura o *reader* encontrava-se a emitir aproximadamente $19,66 + 10 + 2 = 31,66$ dBm. Para estes cálculos, considerou-se que a perda nos cabos era de 2 dB.

6 - Trabalho futuro

Sendo RFID uma área em forte crescimento, qualquer uma destas soluções poderá apresentar outros estágios de evolução bem como integração com outras plataformas.

É assim essencial dotar estas soluções de interoperabilidade com outras aplicações.

Veja-se, por exemplo, que a capacidade de integrar este sistema de localização com toda a cadeia de logística permite tornar todos estes recursos muito mais eficazes.

No caso específico do projecto de localização, este pode ainda sofrer alterações dado que se encontra em estágio de desenho de solução. Desta forma, após dar início aos testes, é necessário explorar todas as falhas do sistema de modo a torná-lo mais robusto e eficaz. Os testes que se irão efectuar a este sistema poderão, eventualmente, conduzir a uma nova solução que não foi aqui abordada.

No que concerne ao projecto de identificação, este encontrar-se-á brevemente em fase de testes e irá, consequentemente, testar-se a fiabilidade do sistema abordando questões como,

por exemplo, a velocidade de leitura, tempo de leitura de cada *tag*, teste a colisões nas leituras, número de antenas e respectiva colocação e polarização.

Após efectuados estes testes será possível definir os parâmetros de capacidade do sistema real a implementar.

7 - Bibliografia

- [1] – http://americanrfidsolutions.com/members/Book/RFID_Frames.php
- [2] – http://en.wikipedia.org/wiki/Squawk_code
- [3] – <http://www.aaitg.com>
- [4] – <http://www.alientechnology.com>
- [5] – <http://www.alvinsystems.com>
- [6] – <http://www.ask-rfid.com>
- [7] – http://www.aws.cit.ie/mklepal/AntennasAndPropagation/two_ray_model.htm
- [8] – <http://www.caen.it>
- [9] – <http://www.epcglobalinc.org/home>
- [10] – <http://www.intermec.com>
- [11] – <http://www.ipico.com>

- [12] – <http://www.rfdesignline.com/howto/202300027>
- [13] – <http://www.rfidjournal.com>
- [14] – <http://www.rfidjournal.com/article/articleview/1229/1/1/>
- [15] – <http://www.skyetek.com>
- [16] – <http://www.technovelgy.com/ct/Technology-Article.asp?ArtNum=56>
- [17] – <http://www.viaverde.pt>
- [18] – Hugo Cravito Gomes, “Construção de um sistema RFID com fins de localização especiais”, Dissertação de Mestrado, Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro.
- [19] – Klaus Finkenzeller, “*RFID Handbook*”, 2nd Edition ed. Wiley.
- [20] – Pedro Isidoro Prata, “Sistema de Posicionamento Local e Identificação Rádio“, Relatório de Projecto 5º Ano, Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro.
- [21] – Pedro Isidoro Prata, outros, “Casa sem fios”, Trabalho de Sistemas de Comunicações Sem Fios, Departamento de Electrónica e Telecomunicações da Universidade de Aveiro.
- [22] – Ricardo Matos Abreu, “Projecto Find-IT”, Instituto Telecomunicações de Aveiro.
- [23] – Sandip Lahiri, “*RFID Sourcebook*”, IBM Press, September 2005
- [24] – Shepard, “RFID: Radio Frequency Identification”, McGraw-Hill, 2005.

A - Princípio de funcionamento e normas de *tags* UHF

A.1 - Alcance de leitura e potência

O alcance máximo para a leitura de *tags* passivas ou semi-passivas depende de muitos factores como, por exemplo, a frequência, a potência do *reader*, interferência de objectos de metal ou outras substâncias, dimensão da *tag* [8]. De uma forma geral, as *tags* UHF são lidas de 1 a 6 m; estas distâncias podem ser aceitáveis nas aplicações em armazéns. Geralmente, quanto mais pequena for a *tag*, menor é o alcance de leitura; isto não é considerado sempre um problema desde que as aplicações não exijam longas distâncias de leitura, permitindo trabalhar com *tags* de tamanho reduzido mas eficientes.

ERP e EIRP são dois parâmetros usados para definir a potência de radiação nos sistemas RF, sendo frequentemente, mencionados nos *readers* de RFID e nas especificações das *tags*. Normalmente, os Estados Unidos recorrem ao EIRP e a Europa ao ERP. A relação entre os dois é definida pela seguinte fórmula $EIRP = ERP + 2,14 \text{ dB}$.

A.1.1 – Near field e far field

As *tags* passivas utilizam um dos dois métodos apresentados a seguir, para poderem receber energia e comunicar com o *reader*. Um dos métodos consiste no uso do *near field*, que recorre ao acoplamento indutivo da *tag* relativamente ao campo magnético, que circula à volta da antena do *reader* (como um transformador); o outro método é o *far field*, que recorre a técnicas similares ao radar (reflexão *backscatter*), acoplando a um o campo eléctrico (vide Figura 59).

O *near field* é normalmente usado pelos sistemas RFID, operando em bandas de frequência LF e HF, e o *far field* é usado para leituras de longa distância UHF e sistemas de microondas RFID. Isto porque no *near field*, o campo de energia diminui proporcionalmente a $1/R^3$ (no qual R é a distância da antena), enquanto que no *far field*, a energia diminui proporcionalmente a $1/R$; a separação entre o *near* e o *far field* corresponde a $R = \lambda/2\pi$, e como consequência, a energia das ondas de baixa frequência acaba por se tornar mais reduzida do que as de alta frequência (as quais se usam nesta zona).

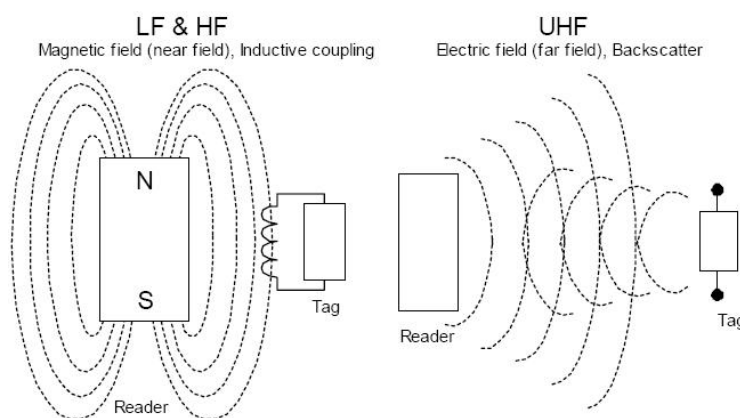


Figura 59 – Tags que recorrem ao *near field* ou ao *far field* [8]

As *tags* passivas que operam em UHF comunicam com o *reader* através de modulação em amplitude (AM) e recebem potência quando se encontram no campo (*far field*) do *reader*. Quando a onda do *reader* incide na antena da *tag*, parte da energia é absorvida pela *tag* e uma pequena parte volta para o *reader*. Para otimizar a energia transferida, o comprimento do dipolo deve ser igual a $\lambda/2$, que corresponde a uma dimensão igual a 16 cm, aproximadamente (na realidade o dipolo é constituído por dois troços de $\lambda/4$).

No caso das dimensões a serem utilizadas não corresponderem às mencionadas anteriormente, a qualidade é afectada. Como se sabe, uma *tag* UHF passiva não tem hipótese de efectuar uma transmissão independente. A comunicação da *tag* para o *reader* é efectuada através da alteração da impedância de entrada da antena (no tempo) simultaneamente com a transmissão de informação. Assim, a potência reenviada para o *reader* é modulada (no tempo) com a informação.

O uso da modelação do *far field backscatter* apresenta problemas que não se encontram presentes em HF e nos sistemas e LF. Um desses problemas mais relevantes é o facto do campo emitido pelo *reader* não ser só capturado pela antena da *tag*, como também por qualquer objecto com dimensões iguais às usadas pelas ondas: esta situação pode diminuir a eficiência do sistema do *reader* sendo, por isso, aconselhável usar mais do que uma antena por *reader*.

A.2 – Normas para *tags* UHF

A.2.1 - ISO 18000

ISO define a comunicação interface no interface ar entre *reader-tag* e *tag-reader* e inclui parâmetros como protocolo de comunicação, tipos de modulação, codificação de dados, ritmos de transmissão e anti-colisão (detecção e escolha de muitas *tags* ao mesmo tempo no campo do *reader*). A tabela seguinte representa os standards ISO para RFID.

Standard Code	Description
ISO 15961	RFID for Item Management: Host Interrogator; Tag functional commands and other syntax features
ISO 15962	RFID for Item Management: Data Syntax
ISO 15963	Unique Identification of RF tag and registration authority to manage the uniqueness
ISO 18000	RFID for Item Management: Air Interface -1 Generic parameters -2 below 135 kHz -3 at 13.56 MHz -4 at 2.45 GHz -5 at 5.8 GHz -6 at UHF frequency band

Tabela 7 - Standards ISO para RFID [8]

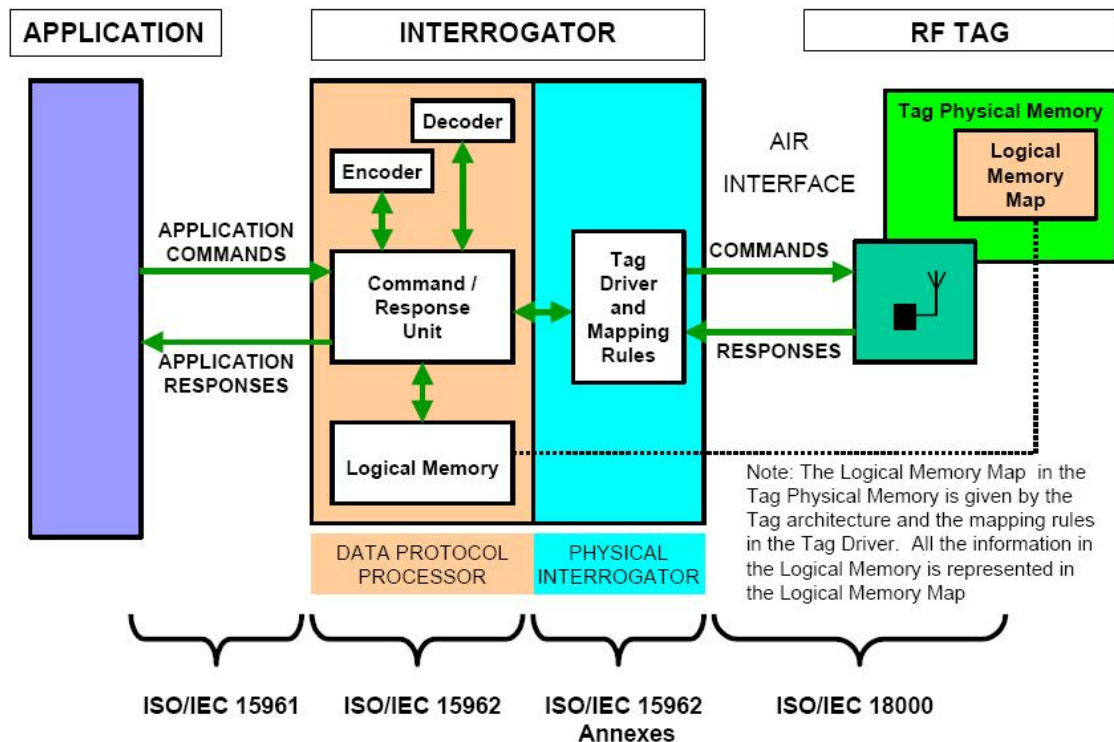


Figura 60 - Níveis das normas ISO [8]

A.2.2 – EPC (*Electronic Product Code*)

Um dos elementos chave da actual tecnologia RFID, que tem como objectivo melhorar a eficiência e reduzir os custos de operação, é o EPC. O código (vide Figura 61) é idêntico ao UPC usado em códigos de barra e variam de 64 bits a 256 bits. A principal diferença entre o EPC e o código de barras é o número de série que permite distinguir cada item, transmitindo essa informação em toda a cadeia de logística. A organização que define os regulamentos do EPC é a EPC Global.

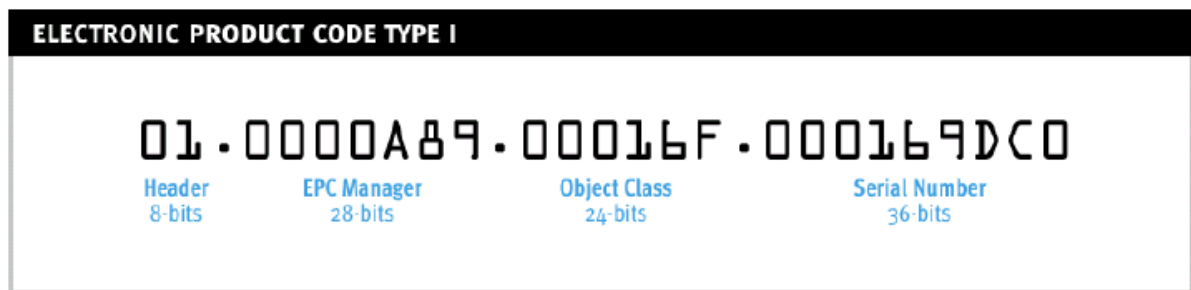


Figura 61 - Exemplo de um código EPC [8]

A norma EPC para RFID define, de acordo com as capacidades de leitura e escrita, as seguintes 5 classes para as *tags*:

- **Classe 0 (leitura)**

Estas são as *tags* mais simples, na qual a informação que, normalmente, é um simples ID (EPC), é introduzida durante a produção da *tag*, impossibilitando posterior actualização. A classe 0 é usada também para definir a categoria das *tags* designadas EAS, que não possuem ID e que só são detectadas quando cruzam o campo da antena.

- **Classe 1**

A *tag* é produzida sem qualquer tipo de informação na memória. Essa informação poderá, posteriormente, ser introduzida pelo fabricante ou pelo utilizador. Depois de introduzida, não há possibilidade de actualização, podendo ser somente lida. As *tags* deste tipo só usadas para identificações simples.

- **Classe 2 (Ler/escrever)**

Estas *tags* permitem aos utilizadores escrever e ler nas suas memórias. São usadas como *data loggers* e por essa razão o espaço de memória é maior do que as *tags* que só contêm simples ID.

- **Classe 3 (ler/escrever) com sensores**

Estas *tags* são similares às de classe 2, só que contêm um sensor para gravar parâmetros, como a temperatura e a pressão, nas memórias das *tags*. Como as leituras

destes sensores têm de ser guardadas na memória (na ausência do *reader*), as *tags* são semi-passivas ou activas requerendo, assim, uma fonte de alimentação.

- **Classe 4 (ler/escrever) com transmissores integrados**

Estas *tags* são iguais aos dispositivos rádio, os quais comunicam com outras *tags* e dispositivos na ausência do *reader*. São activos e possuem a sua própria fonte de alimentação.

A.3 – Resumo da norma EPC C1 G2

De acordo com a norma EPC (*Electronic Product Code*) *Class 1 Generation 2*, uma *tag* de classe 1 tem de cumprir os seguintes requisitos [9]:

- Um código electrónico de produto,
- Um identificador da *tag*,
- Uma função de “kill” que incapacita a *tag* permanentemente,
- Acesso protegido por *password* (opcional) e
- Memória opcional para o utilizador

Todas as restantes classes estão descritas na norma [9], não podendo estas interferir com o funcionamento da classe 1.

A.3.1 - Introdução

A especificação da normal EPC *Class 1 Generation 2* define os requisitos que a camada física, a camada lógica, o sistema passivo de *backscatter*, o leitor fala em primeiro (*interrogator-talks-first* - ITF) e o sistema RFID a operar em 860MHz-960MHz têm de respeitar. O sistema compreende *readers* (leitor) e *tags* (etiqueta).

O *reader* transmite informação para a *tag*, modulando um sinal de RF na banda dos 860MHz-960MHz. A *tag* recebe a informação e a energia para alimentar os seus circuitos a partir do sinal de RF proveniente do *reader*. As *tags* são passivas e, portanto, a energia que recebem é toda proveniente da forma de onda do *reader*.

O *reader* recebe a informação vinda da *tag* através de um sinal ininterrupto (contínuo) de RF. Neste processo, a *tag* responde modulando o coeficiente de reflexão da sua antena e desta forma, surge o fenómeno de *backscatter*, ou seja, “reflete” o sinal de volta para o *reader*. O sistema é ITF e desta forma, a *tag* modula o coeficiente de reflexão da sua antena com o sinal de informação proveniente do *reader*. Este processo só ocorre depois da *tag* ter recebido a ordem dada pelo *reader*.

Este processo de comunicação é *half-duplex*, ou seja, quando o *reader* fala a *tag* escuta e vice-versa.

A.3.2 – Requisitos do protocolo

A.3.2.1 – Camada física

O *reader* envia um sinal para uma ou mais *tags* modulando uma portadora RF, recorrendo a DSB-ASK (*double-sideband Amplitude Shift Keying*), SSB-ASK (*single-sideband Amplitude Shift Keying*) ou PR-ASK (*phase-reversal Amplitude Shift Keying*), utilizando codificação PIE (PIE – *pulse-interval encoding*). As *tags* são alimentadas a partir do sinal de RF modulado pelo *reader*.

Um *reader* recebe informação de uma *tag* transmitindo uma portadora RF não-modulada e fica à espera de uma resposta de *backscatter*. As *tags* transmitem informação fazendo *backscatter* em amplitude e /ou fase da portadora RF. O formato da codificação na resposta ao *reader* é FM0 ou uma sub-portadora modulada recorrendo ao código de Miller.

O *link* de comunicação entre a *tag* e o *reader* é *half-duplex* e, desta forma, as *tags* não necessitam de desmodular o sinal proveniente do *reader* enquanto estão a fazer o *backscattering*. A *tag* não pode responder a um *reader* que emita um comando obrigatório ou opcional usando comunicação *full-duplex*.

A.3.2.2 – Camada de identificação da tag

Um *reader* deve gerir a população de *tags* recorrendo a três operações básicas:

- **Select** – É a operação de escolher uma população de *tags* para **Inventory** ou **Access**. Este comando pode ser aplicado sucessivamente a uma população específica de *tags* baseado em critérios definidos pelo utilizador. Este processo é análogo ao de escolher o registo de uma base de dados.
- **Inventory** – É a operação de identificação das *tags*. O *reader* começa este processo transmitindo um comando de *Query* numa de quatro sessões. Uma ou mais *tags* podem responder. O *reader* ao detectar uma única *tag* e pede-lhe o seu PC, EPC e CRC-16. A fase de *Inventory* implica vários comandos e decorre numa, e só numa, sessão de cada vez.
- **Access** – É a operação comunicar, lendo/ou escrevendo, a *tag*. Antes do acesso, a *tag* tem de ser identificada. Esta fase implica vários comandos.

A.3.3 – Procedimento de operação R=>T

A.3.3.1 – Frequências de operação

As *tags* comunicam com os *readers* operando na banda dos 860MHz-960MHz. O *reader* escolhe a zona de operação recorrendo às normais locais de rádio.

A.3.3.2 – Comunicações do reader para a tag (R=>T)

O *reader* comunica com uma ou mais *tags*, modelando uma portadora RF, usando DSB-ASK, SSB-ASK, ou PR-ASK com codificação PIE. Os *readers* deverão usar uma modulação fixa e um ritmo de transmissão definido. O *reader* define o ritmo de transmissão no preâmbulo na fase de *Inventory*. Os valores *high* da Figura 62, Figura 64, Figura 65 e Figura 66 correspondem à CW (*continuous wave*) emitida (*reader* a fornecer potência às *tags*), enquanto que um valor *low* corresponde a um CW atenuado.

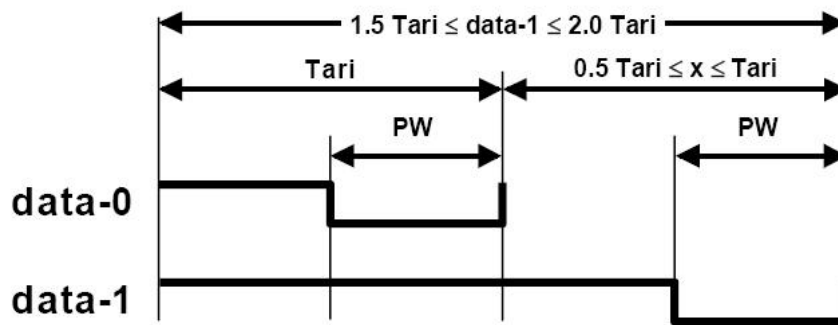


Figura 62 - Símbolos PIE [9]

A.3.3.3 – Precisão da frequência do reader

Os *readers* certificados para a operação deverão cumprir a regulamentação local de rádio. Em ambientes com muitos *readers*, deverão cumprir +/- 10ppm (-25°C a +40°C) e +/-20ppm (-40°C a +65°C). Todavia, se a regulamentação local for mais restritiva deve cumprir-se a regulamentação local.

A.3.3.4 – Modulação

O *reader* comunica com uma ou mais *tags*, modelando uma portadora RF e recorrendo a DSB-ASK, SSB-ASK, ou PR-ASK. As *tags* deverão ser capazes de desmodular estas modulações.

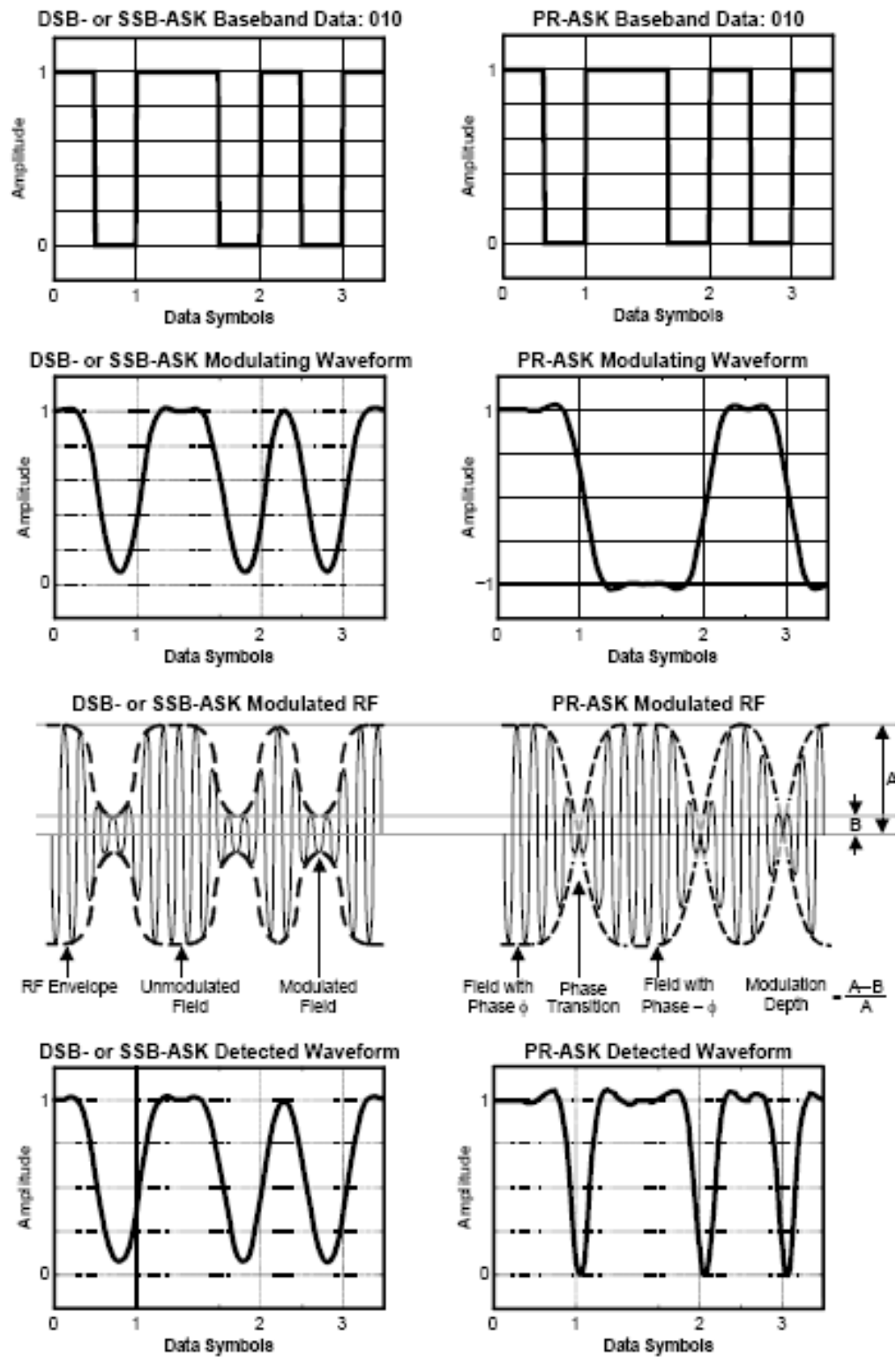


Figura 63 - Modulação R=>T [9]

A.3.3.5 – Codificação de dados

O link $R \Rightarrow T$ deverá usar PIE, como demonstrado na Figura 62. O T_{ari} é a referência do intervalo de tempo para a sinalização *reader – to – tag* e é a duração de data-0. Os valores *high* representam CW transmitido e os valores *low* representam CW atenuado. *Pulse modulation depth*, *rise time*, *fall time* e PW (largura do pulso) estão especificados na Tabela 8 e deverão ser os mesmos para data-0 e data-1. Os *readers* deverão usar a mesma *modulation depth*, *rise time*, *fall time*, PW, T_{ari} , tamanho de data-0, tamanho data-1 durante toda a fase de *inventory*. A envolvente RF será de acordo com o especificado na Figura 64.

A.3.3.6 – Valores do T_{ari}

Os *readers* deverão comunicar usando valores de T_{ari} compreendidos entre 6,25 μ S a 25 μ S. A tolerância deste parâmetro deverá ser +/- 1%, devendo ainda estar de acordo com a regulamentação local de rádio.

A.3.3.7 – Envolvente $R \Rightarrow T$

A envolvente deverá estar de acordo com a Figura 64 e a Tabela 8. O valor do campo eléctrico A é o valor máximo de amplitude da envolvente RF. A largura de pulso PW será medida a 50% do pulso. O *reader* não deverá mudar a modulação sem antes retirar do ar a envolvente.

A.3.3.8 – Forma de onda no power-up do reader

A forma de onda da envolvente deverá cumprir o especificado na Figura 65 e na Tabela 9. Durante o intervalo de tempo T_S , o *reader* não deverá enviar comandos.

A.3.3.9 – Forma de onda no power-down do reader

A forma de onda da envolvente deverá cumprir o especificado na Figura 65 e na Tabela 10. Quando a envolvente chega a 0, deverá permanecer neste estado pelo menos 1ms.

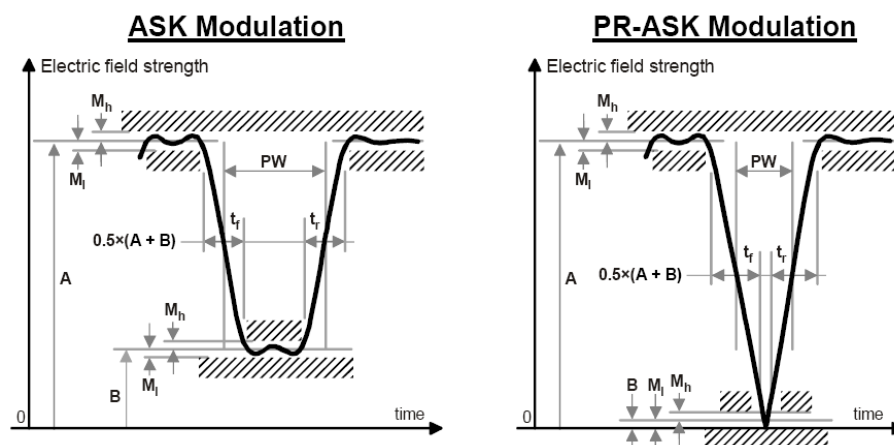


Figura 64 - Envolvente RF R=>T [9]

Tari	Parameter	Symbol	Minimum	Nominal	Maximum	Units
6.25 μ s to 25 μ s	Modulation Depth	$(A-B)/A$	80	90	100	%
	RF Envelope Ripple	$M_h = M_l$	0		$0.05(A-B)$	V/m
	RF Envelope Rise Time	$t_{r,10-90\%}$	0		$0.33Tari$	μ s
	RF Envelope Fall Time	$t_{f,10-90\%}$	0		$0.33Tari$	μ s
	RF Pulsewidth	PW	$MAX(0.265Tari, 2)$		$0.525Tari$	μ s

Tabela 8 - Parâmetros da envolvente RF [9]

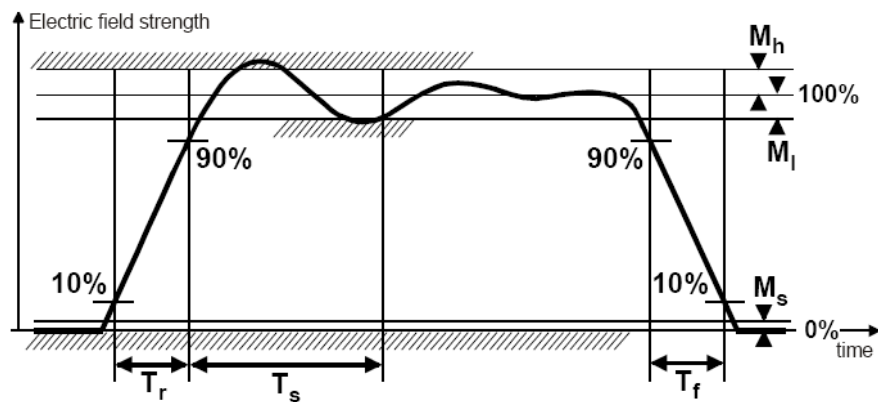


Figura 65 - Envolvente RF no processo de power-up e power-down do reader [9]

Parameter	Definition	Minimum	Nominal	Maximum	Units
T_r	Rise time	1		500	μ s
T_s	Settling time			1500	μ s
M_s	Signal level when OFF			1	% full scale
M_l	Undershoot			5	% full scale
M_h	Overshoot			5	% full scale

Tabela 9 - Parâmetros de power-up [9]

Parameter	Definition	Minimum	Nominal	Maximum	Units
T_f	Fall time	1		500	μs
M_s	Signal level when OFF			1	% full scale
M_l	Undershoot			5	% full scale
M_h	Overshoot			5	% full scale

Tabela 10 - Parâmetros de *power-down* [9]

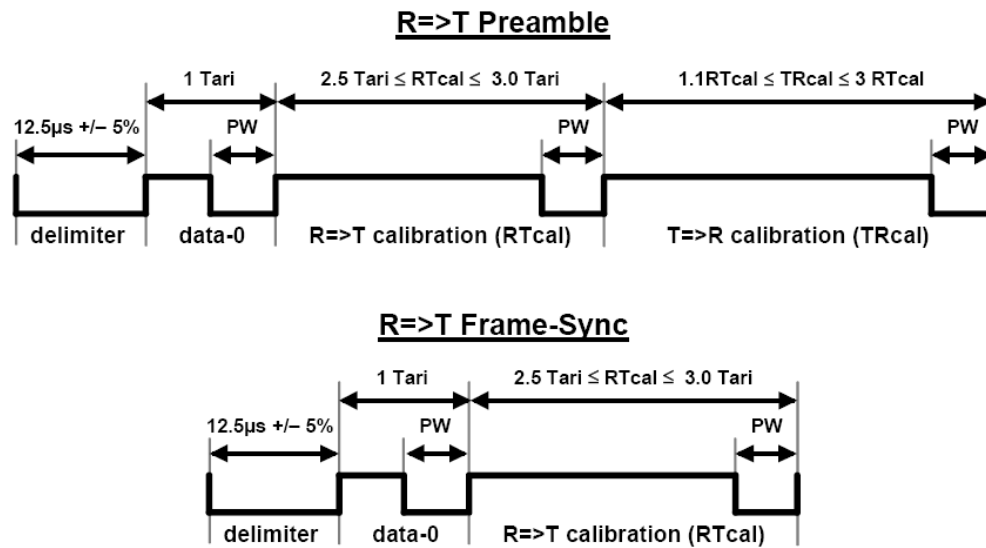


Figura 66 - Preâmbulo R=>T e *frame-sync* R=>T [9]

A.3.4 – Procedimento de operação T=>R

A *tag* comunica com o *reader* por meio de *backscatter*, no qual a *tag* alterna o coeficiente de reflexão da sua antena (para efeitos de modulação) entre dois estados. Estes estados dependem dos dados a ser enviados.

Durante o processo de *backscatter*, a *tag* deverá usar uma modulação, um ritmo de dados e uma codificação fixas até a fase de *inventory* terminar. A *tag* escolhe a modulação e, por sua vez, o *reader* define o ritmo de dados e a codificação. Os valores *low* nas Figura 67, Figura 68, Figura 69, Figura 71 e Figura 72 correspondem ao estado de reflectividade que a *tag* exhibe no preâmbulo antecedente à fase T=>R (a *tag* absorve a energia proveniente da onda ASK). Os valores *high* correspondem ao estado de reflectividade que a *tag* exhibe durante o primeiro pulso de um preâmbulo T=>R (a *tag* emite a energia proveniente da onda ASK).

A.3.4.1 – Modulação

O *backscatter* da *tag* deverá usar modulação ASK e/ou PSK. O fabricante das *tags* deverá escolher uma modulação enquanto os *readers* deverão ser capazes de desmodular ambas.

A.3.4.2 – Codificação de dados

As *tags* deverão codificar os dados enviados por *backscatter* em FM0 ou modulando uma subportadora com código de Miller. O *reader* escolhe a codificação a utilizar.

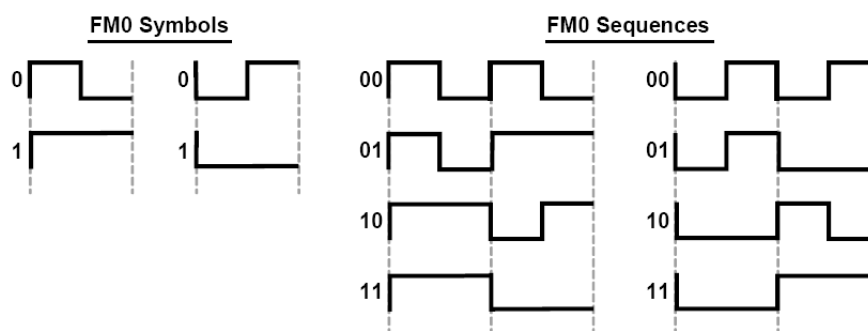


Figura 67 - Sequências e símbolos FM0 [9]

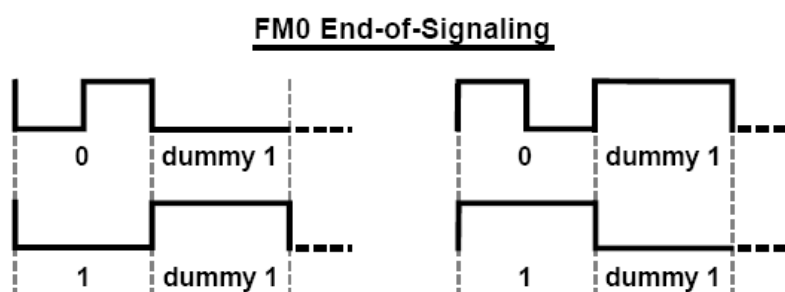


Figura 68 - Terminação das sequências FM0 [9]

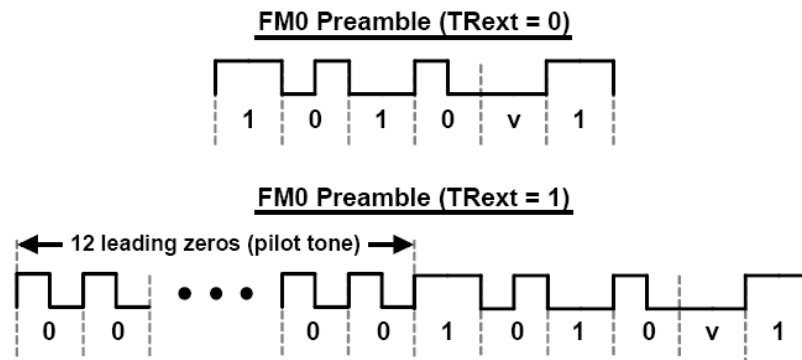


Figura 69 - Preâmbulo FM0 T=>R [9]

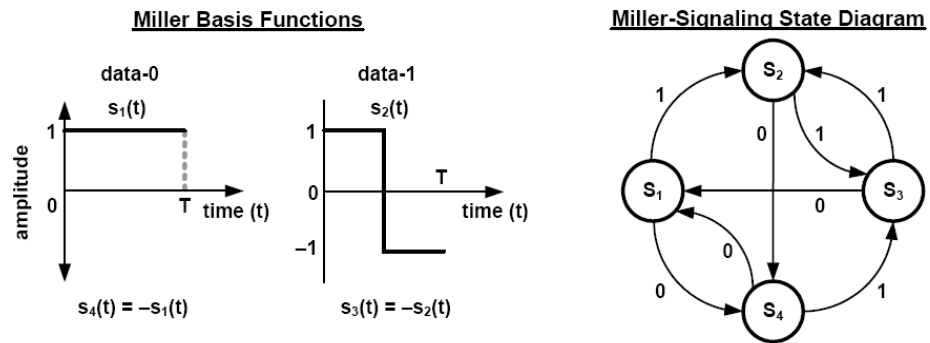


Figura 70 - Funções de Miller e diagrama de estados [9]

Miller Subcarrier Sequences

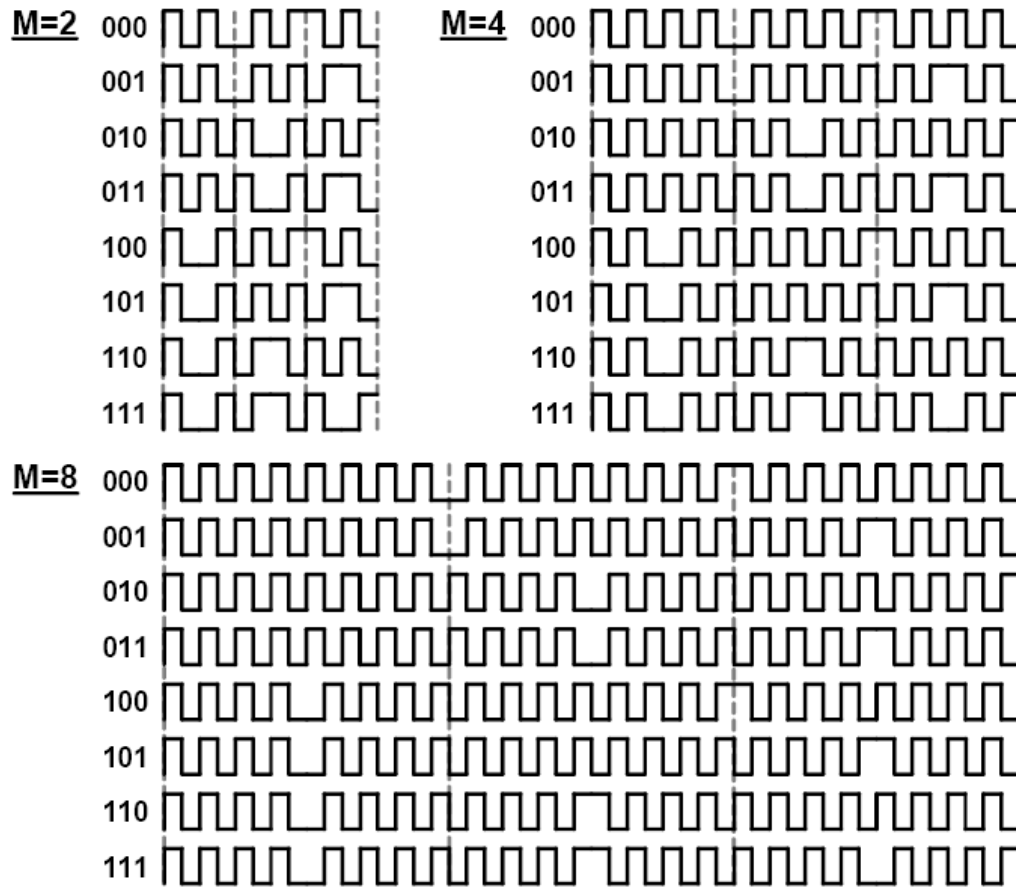


Figura 71 - Sequências das subportadoras de Miller [9]

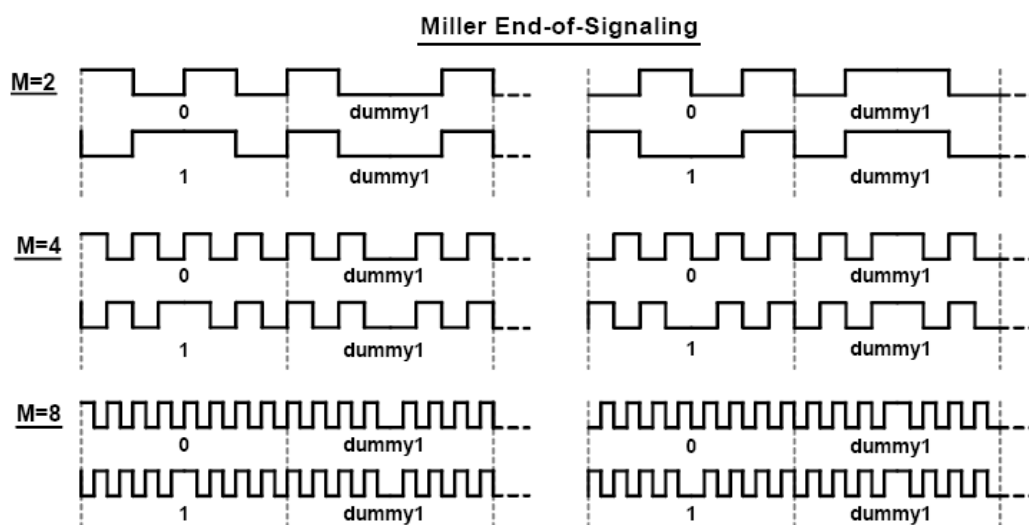


Figura 72 - Terminação das sequências de Miller [9]

A.3.4.3 – Valores de Tari e ritmos de dados suportados

Os *tags* deverão suportar todas as comunicações R=>T considerando que os valores de Tari estão compreendidos entre 6,25µS a 25µS. As *tags* deverão suportar as frequências do link T=>R de acordo com as tolerâncias especificadas na Tabela 11 e todos os ritmos de transmissão especificados na Tabela 12. O requisito de variação da frequência expresso na Tabela 11 inclui *drift* de frequência e variações a curto prazo no processo de resposta da *tag* para o *reader*.

A.3.4.4 – Tempos de power-up

As *tags* são alimentadas pelo *reader* e deverão ser capazes de interpretar os comandos provenientes deste dentro de um período que não excede o máximo T_s , como se pode verificar na Tabela 9.

A.3.4.5 – Especificações de fabrico

O fabricante da *tag* deverá obedecer às seguintes sensibilidades em espaço livre:

DR: Divide Ratio	TRcal ¹ (μs $\pm 1\%$)	BLF: Link Frequency (kHz)	Frequency Tolerance FT (nominal temp)	Frequency Tolerance FT (extended temp)	Frequency variation during backscatter
64/3	33.3	640	+ / - 15%	+ / - 15%	+ / - 2.5%
	33.3 < TRcal < 66.7	320 < BLF < 640	+ / - 22%	+ / - 22%	+ / - 2.5%
	66.7	320	+ / - 10%	+ / - 15%	+ / - 2.5%
	66.7 < TRcal < 83.3	256 < BLF < 320	+ / - 12%	+ / - 15%	+ / - 2.5%
	83.3	256	+ / - 10%	+ / - 10%	+ / - 2.5%
	83.3 < TRcal \leq 133.3	160 \leq BLF < 256	+ / - 10%	+ / - 12%	+ / - 2.5%
	133.3 < TRcal \leq 200	107 \leq BLF < 160	+ / - 7%	+ / - 7%	+ / - 2.5%
8	200 < TRcal \leq 225	95 \leq BLF < 107	+ / - 5%	+ / - 5%	+ / - 2.5%
	17.2 \leq TRcal < 25	320 < BLF \leq 465	+ / - 19%	+ / - 19%	+ / - 2.5%
	25	320	+ / - 10%	+ / - 15%	+ / - 2.5%
	25 < TRcal < 31.25	256 < BLF < 320	+ / - 12%	+ / - 15%	+ / - 2.5%
	31.25	256	+ / - 10%	+ / - 10%	+ / - 2.5%
	31.25 < TRcal < 50	160 < BLF < 256	+ / - 10%	+ / - 10%	+ / - 2.5%
	50	160	+ / - 7%	+ / - 7%	+ / - 2.5%
	50 < TRcal \leq 75	107 \leq BLF < 160	+ / - 7%	+ / - 7%	+ / - 2.5%
	75 < TRcal \leq 200	40 \leq BLF < 107	+ / - 4%	+ / - 4%	+ / - 2.5%

Tabela 11 - Especificações do *link* T=>R [9]

M: Number of subcarrier cycles per symbol	Modulation type	Data rate (kbps)
1	FM0 baseband	BLF
2	Miller subcarrier	BLF/2
4	Miller subcarrier	BLF/4
8	Miller subcarrier	BLF/8

Tabela 12 - Ritmo de dados T=>R [9]

Deverá ainda fornecer informação relativa à potência mínima do sinal ASK, bem como as condições normais de operação da *tag*.

Anexo B – Localização

As topologias dos diversos sistemas de localização actuais podem ser divididas de acordo com a seguinte tabela (vide Figura 73) [20].

Conceito	Definição
Posicionamento remoto	Medição feita pelas estações base.
Autoposicionamento	Medição feita a partir do terminal móvel.
Posicionamento remoto indirecto	Medição feita no terminal móvel com envio de resultado para estação base.
Autoposicionamento indirecto	Medição feita pelas estações base com envio de informação para o terminal móvel.

Figura 73 - Tipos de Sistemas de Localização

B.1 - Auto – Posicionamento e Posicionamento remoto

A primeira distinção a ter em conta é entre o autopoicionamento e o posicionamento remoto. Num sistema de autopoicionamento a unidade que realiza a medição é o móvel. O móvel recebe os sinais provenientes de várias estações base de posições bem conhecidas e possui a capacidade de calcular a sua posição actual baseada na medição dos sinais.

O princípio de funcionamento dos sistemas de posicionamento remoto é o contrário do autopoicionamento. O sinal transmitido é do móvel e as unidades que realizam a medição dos sinais são várias bases fixas. Numa das estações base, todos os resultados das medições são analisados e a posição do móvel é calculada. A maior vantagem da topologia do posicionamento remoto é que a unidade móvel pode ser de pequenas dimensões, barata e com elevada eficiência de potência. Por outro lado é uma topologia que necessita de uma infra-estrutura de maior complexidade o que torna uma infra-estrutura de custo elevado.

A escolha da topologia correcta para o sistema de localização tem haver com as necessidades impostas pelo sistema de localização, de forma a topologia ser implementada sem grandes custos.

B.2 - Auto – Posicionamento Indirecto e Posicionamento Remoto Indirecto

No caso do sistema de comunicação sem fios permitir um canal troca de informação, torna possível que a informação do autoposicionamento seja transmitido para estação base (Posicionamento remoto indirecto), como a informação do posicionamento remoto seja transmitido para o móvel (autoposicionamento indirecto).

A topologia de posicionamento remoto indirecto permite um maior controlo da informação resultante do posicionamento, uma vez que a informação da localização é controlada pelo sistema e só é transmitida para o móvel caso seja permitido pelo controlador.

B.3 - Técnicas de Sistemas de Localização

Neste capítulo vão ser apresentadas várias técnicas para sistemas de rádio que permitem determinar a localização da estação móvel. Estes métodos variam desde estimadores de percurso a detectores de proximidade e estimadores do ângulo de recepção.

Cada técnica referida possui vantagens e desvantagens na sua possível aplicação em providenciar serviços de localização em sistemas rádio.

A base de funcionamento de qualquer das técnicas de localização em sistemas rádio consiste na aquisição de informação referente a características dos sinais trocados, entre as estações base locais e a estação móvel, realizando posteriormente um processamento da informação. Este processamento vai retornar uma estimativa da localização do móvel.

B.3.1 - *Dead-Reckoning*

Dead-reckoning é uma técnica primitiva de localização que se baseia no conhecimento da direcção, distância percorrida e o ponto de partida da estação móvel. Este sistema baseia-se na precisão das medições da aceleração, velocidade, e direcção de percurso. Nesta técnica é necessário implementar componentes que não pertencem ao sistema rádio.

Os componentes necessários para este sistema são sensores de transmissão, rodas, sensores de inércia e compassos magnéticos. Os sensores de transmissão medem a posição angular do eixo de transmissão por ordem a formular uma estimativa da distância percorrida e/ou

velocidade da estação móvel. Da mesma forma que sensores na roda permite uma estimativa da distância percorrida e informação de alterações de direcção. Sensores de inércia, como giroscópios e acelerómetros, fornecem métodos de medição da posição e velocidade da estação móvel. Finalmente compassos magnéticos fornecem um meio muito caro de determinar a direcção do veículo (estação móvel).

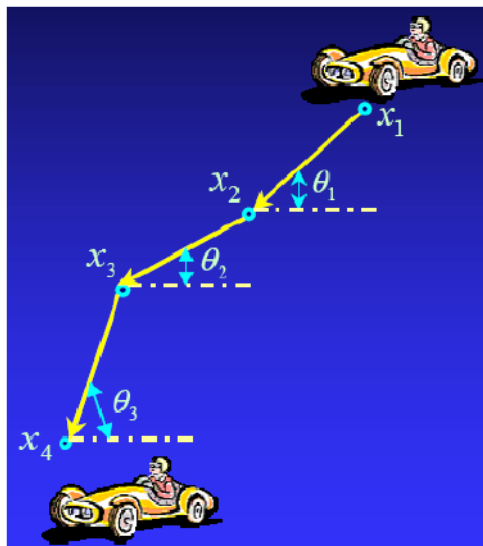


Figura 74 - Técnica de Dead-Reckoning

A tecnologia do *Dead-reckoning* tem sido usada em mapas em CD-ROM para dar informação da direcção que os condutores devem tomar. Muitos factores como as condições da estrada, condições de clima, imprecisão na medição por parte dos componentes e tal como alterações na pressão dos pneus geram erros. Infelizmente nesta técnica o cálculo da posição depende de estimativas anteriores o que torna os erros acumulativos com a distância percorrida. Este problema pode ser atenuado com a actualização exacta da posição de localização por outro sistema que não o *Dead-reckoning*, por exemplo, GPS.

Analisando esta técnica facilmente apercebe-se que não é possível utilizá-la se o objectivo é implementar um sistema de localização utilizando uma infra-estrutura de sistema de rádio.

B.3.2 - Vantagens e Desvantagens do *Dead-Reckoning*

Em termos de implementação é técnica que não requer uma grande infra-estrutura de dispositivos para efectuar a localização, no entanto é necessário equipamento especial que permita realizar a auto-localização do móvel para posteriormente ser transmitida.

É uma grande desvantagem no sistema de comunicação sem fios devido a necessidade do utilizador investir no equipamento adicional e ainda ser necessário desenvolver um método que permite realizar a auto-localização para posteriormente ser transmitida para a rede.

B.3.3 - Sistemas de Proximidade

Esta técnica de sistema de localização é provavelmente a mais simples de concepção. A posição da estação móvel é determinada pela sua proximidade a dispositivos fixos de detecção, que podem ser desde sensores magnéticos a convencionais transmissores e receptores rádio. Este método é muito atractivo quando as condições de localização remetem para espaços de pequenas dimensões, o caso de pequenas cidades. No entanto, para espaços de maior superfície é possível a sua utilização mas requer uma infra-estrutura também de maiores dimensões.

A localização por proximidade oferece a capacidade da auto-localização e localização remota. Se a opção de auto-localização for escolhida é necessário garantir que as estações base transmitam tramas específicas de cada uma por forma ao móvel detectar de qual estação base se encontra nas proximidades. Sabendo a posição fixa das estações base obtém-se uma estimativa da área onde se encontra o móvel e quanto maior for o número de tramas recebidas menor a área estimada da localização do móvel.

No caso da localização remota é necessário garantir que a estação móvel transmita uma trama específica fornecendo informação às estações base que se encontra nas imediações.

É interessante notar que os sistemas rádio celulares podem ser usados como sistema de localização por proximidade. Nesta situação a antena da estação base executa a função dos detectores especializados fornecendo assim uma área de cobertura para detecção por proximidade.

B.3.4 - Vantagens e Desvantagens dos Sistemas de Proximidade

Tendo em conta a implementação trata-se de um método de permitir a localização sem uma elevada precisão, e necessita de um grande investimento na infra-estrutura para implementar sensores na área de localização.

Outro aspecto negativo desta técnica é que a precisão depende do tamanho das células de cobertura e mesmo quando a área de cobertura é pequena a localização não é muito precisa, a localização é uma estimativa grosseira. Como já foi previamente referido, as antenas dos emissores podem ser consideradas sensores de proximidade, mas para se obter alguma precisão é necessário aumentar o número de detectores.

Os sistemas de rádio-localização têm como objectivo a localização de uma estação móvel através da medição dos sinais que se propagam entre as estações base e móveis.

B.3.5 – Principais Métodos de Localização

Existem fundamentalmente três tipos de sistema de rádio localização: existem os sistemas baseados na medição da potência do sinal (RSSI, *Received Signal Strength Indication*), baseados no ângulo de chegada (AoA, *Angle of Arrival*) e finalmente os baseados no tempo (ToA, *Time of Arrival*; TDoA *Time Diferencial of Arrival*).

A medição da potência do sinal é usada inicialmente para determinar a distância dos sinais rádio de múltiplas estações base para a estação móvel ou da estação móvel para múltiplas estações base, conhecendo assim as relações geométricas que são usadas para determinar a localização. Para haver uma precisão elevada na estimativa da localização é necessário haver sinais transmitidos em linha de vista (LOS) entre o móvel e a base. Esta técnica também pode ser utilizada em sinais sem ser em linha de vista (NLOS) entre móvel e base, utilizando modelos matemáticos que estimam o valor da potência nos vários pontos que abrangem a área de cobertura do sistema ou criando previamente um mapa de potência da área local.

Normalmente, a localização de uma estação móvel em duas dimensões (numa superfície) requer no mínimo informação proveniente de três estações base, de forma a resolver ambiguidades que aparecem devido ao cruzamento das linhas de posicionamento das várias estações base.

As linhas de posicionamento são curvas que descrevem a possível localização da estação móvel em relação a um dado conjunto de estações base. Cada linha de posicionamento pode ser descrita matematicamente como relação geométrica relativa entre a estação móvel e estação base.

B.3.6 - Potência do Sinal

A rádio localização através da potência do sinal recebido é um método muito conhecido e usa um modelo matemático que descreve as perdas do sinal com a distância para sinais do tipo LOS. A função das perdas de potência caracteriza a atenuação que o sinal tem durante o seu percurso desde o emissor até ao receptor. São estas perdas de potência que ajudam na definição do tamanho típico das células de cobertura. A medição da potência do sinal permite calcular a distância, estimada entre a estação móvel e base. A estação móvel tem de estar sobre a linha da circunferência centrada na estação base. Usando várias estações base pode-se realizar a intersecção das várias circunferências de forma a determinar a localização da estação móvel.

Este conceito é ilustrado na figura seguinte, onde o raio da circunferência referente a cada estação base é calculado a partir das medições da potência do sinal.

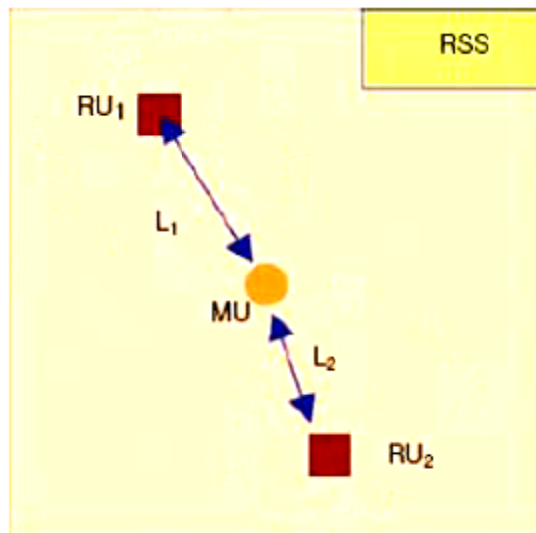


Figura 75 - Método de Potência de Sinal, distância obtida por modelo matemático

Para sistemas de localização baseados na potência do sinal recebido, a primeira fonte de erro resulta do *multipath fading* e *shadowing*, já previamente referidos e caracterizados. Realizando média da potência de várias leituras de certa forma pode ajudar mas baixa mobilidade por parte da estação móvel, pode não eliminar os efeitos do multipath fading e de qualquer forma ainda existe a variação causada pelo fenómeno shadowing.

Demonstra-se que considerando uma função de perdas de potência em função da distância (relativamente à estação base) com um decaimento de -35dB/década, para um shadowing fade de 8dB a estimativa da posição pode ser 69% superior como 41% inferior.

Em situações em que os sinais predominantes são NLOS, isto é, os erros causados pelo shadowing e multipath fading são maiores utiliza-se o método da criação de um mapa de potência antes da localização. O mapa de potência consiste na pré realização de leituras da potência do sinal recebido nos vários pontos considerados área de cobertura da estação base. Quando se deseja realizar a localização com este método, efectua-se a medição da potência do

sinal e de seguida é comparada com o mapa de potências pré realizado, o valor da potência semelhante será o escolhido fornecendo assim a localização referente a estação base em causa.

O método de mapa de potências atenua erros como multipath fading e shadowing mas é uma aproximação que parte do princípio da topografia do local ser constante, basta uma alteração na localização dos objectos para o mapa de potências previamente realizado já não ser válido.

Existem sistemas de rádio que possuem controlo de potência para eliminar o problema de quando o emissor está muito perto do receptor e, no caso de sistemas do tipo TDMA (*Time Division Multi Access*), para aumentar o tempo de vida da bateria em estações móveis. Para o sistema de localização por potência funcionar nesta situação é necessário que a potência de transmissão do móvel seja conhecida e controlada com uma precisão razoável.

B.3.7 - Ângulo de chegada

O método de localização AoA, conhecido também como detector de direcção, estima a localização do móvel medindo primeiro o ângulo de chegada do sinal vindo do móvel até às várias estações base utilizando antenas directivas. Segundo, usando relações geométricas simples permite determinar a posição do móvel.

A aproximação do método de localização AoA fornece a informação da posição do móvel só com duas estações base, uma vez que com apenas duas linhas directas se define uma posição. Para melhor compreensão, veja-se a figura seguinte.

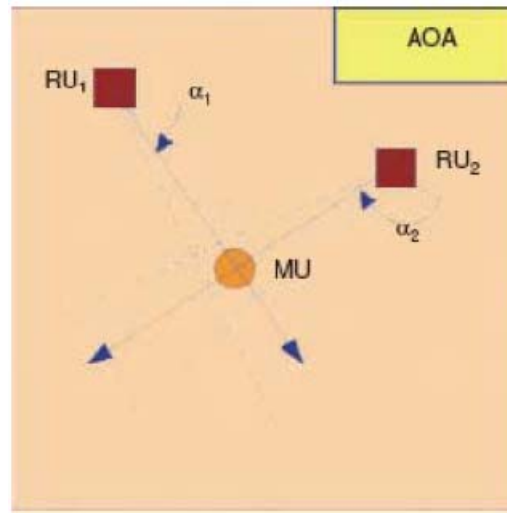


Figura 76 - Método de ângulo de chegada, AoA

O desempenho da localização é limitado pela precisão da estimativa do ângulo de chegada, tornando-se numa característica dos componentes físicos e do algoritmo usado.

Quando o sistema é implementado numa rede *wireless*, o seu desempenho torna-se muito dependente dos ambientes de propagação visto que a dispersão perto das estações bases e móveis afectam fortemente a medição do ângulo. A dispersão dos sinais leva a que varias cópias do sinal transmitido do móvel para a base (e vice versa) seja recebido de diferentes ângulos. Havendo a possibilidade da direcção da cópia do sinal recebido focado pela antena do receptor não ter a direcção do móvel. Mesmo quando a componente do sinal do tipo LOS está presente o fenómeno multipath vai interferir com a medição do ângulo de chegada do sinal.

A precisão do método AoA diminui com o aumento da distância do móvel em relação às estações base devido à dispersão do ambiente e fundamentalmente às limitações dos componentes físicos usados para medir o ângulo de chegada. Por exemplo, considerando um erro de três graus em relação a uma estação base, quando a estação móvel se encontra a 200 m da estação base terá um erro de 10 m da linha directa de posicionamento, enquanto que a 1000 m o erro será de 52 m. O erro torna-se maior a medida que o móvel se encontra mais longe da estação base uma vez que a determinação é devido a intersecção das linhas de posicionamento.

Esta técnica de localização funciona tanto em micro como em macrocélulas, mas em ambientes micro celulares devido a uma grande dispersão local torna-se impraticável.

B.3.8 - Método por Tempos

A última classe de técnicas de localização a ser referida é baseada na estimativa dos tempos de chegada (ToA) do sinal transmitido pela estação móvel e recebida por múltiplas estações base ou o tempo diferencial de chegada (TDoA) do sinal recebido por múltiplas bases.

É preciso ter em conta que o sincronismo dos relógios entre os módulos intervenientes, quer a base quer a estação móvel, é um ponto crítico para o sistema de localização.

No caso da aproximação TOA, a distância entre o móvel e a base é calculada através do tempo da propagação da onda em LOS entre base e o móvel. Em termos geométricos significa um círculo centrado na estação base onde o móvel tem de se encontrar, como no caso do método da potência do sinal. O uso de três estações base permite resolver ambiguidades que aparecem quando se cruzam múltiplas circunferências de localização.

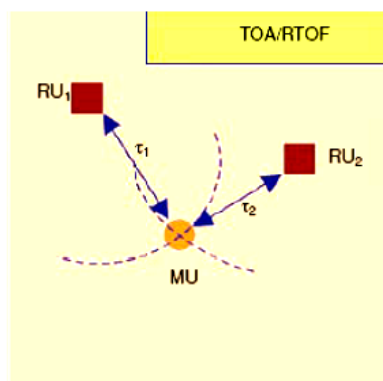


Figura 77 - Método por Tempo de Chegada, ToA

A aproximação TDoA utiliza a diferença de tempos de chegada dos vários sinais. As linhas de posicionamento são hipérboles com os focos nas estações base. A localização realiza-se com a intersecção das hipérboles.

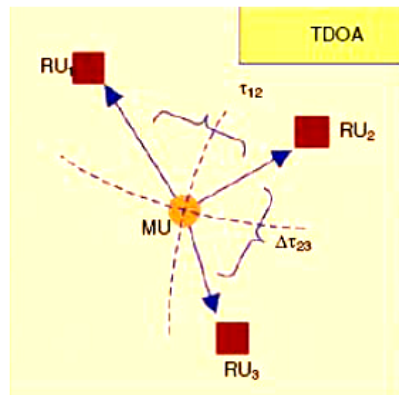


Figura 78 - Método por Diferença de Tempos de Chegada, TDoA

A característica essencial para que este método permita elevada precisão na localização é a elevada resolução nos tempos medidos, que têm de ser da ordem dos nanosegundos.

A rádio localização utilizando o método baseado em tempos tem um enorme potencial permitindo estimar a localização do móvel com grande precisão. Ao contrário do método AoA em que a precisão se degrada com o aumento da distância relativa entre emissor e receptor, no método baseados em tempos tal não acontece.

É preciso ter atenção que este método possibilita grande precisão na localização mas para isso é necessário ser ambientes em que os sinais são predominantemente do tipo LOS. Em ambientes em que os sinais são predominantemente NLOS, como por exemplo ambientes interiores, o método já não permite grande precisão mas de qualquer forma obtém melhor precisão que os métodos anteriormente referidos.

Vários métodos foram propostos de forma a estimar os tempos de propagação dos sinais em sistemas *wireless*: medição de fase, transmissão de um pulso e por fim técnicas de espalhamento espectral (*Spreading Spectral*).

B.3.9 - Medição por Fase

Este método baseia-se na transmissão de um “tom” a baixa frequência que quando recebido é aplicado um detector de fase do qual é estimado o tempo de propagação. São necessárias três estações base para realizar a localização do móvel. Este método requer que os detectores de fase das estações base estejam sincronizados o que não é fácil de implementar. A ambiguidade resultante do múltiplo número de ciclos de fase desconhecido pode ser resolvido com a informação do tempo de chegada do sinal.

Este método pode ser implementado tanto em ToA como TDoA (exemplo, Omega).

O erro neste método tem origem no *multipath*, uma vez que a distância percorrida pelo sinal é maior dando uma fase no receptor diferente da esperada para a distância relativa entre o emissor e o receptor.

B.3.10 - Transmissão do Pulso

Este método baseia-se na transmissão de um pulso em que o tempo de chegada aos vários receptores é medido. Esta técnica pode ajudar a reduzir o efeito do *multipath* uma vez que o primeiro impulso a chegar pode ser considerado o impulso que seguiu o caminho mais rectilíneo (LOS).

O aspecto negativo desta técnica relativamente às outras é a necessidade de uma largura de banda elevada. A medição da diferença de tempos de chegada (TDoA) também pode ser implementada e uma aplicação comercial deste sistema já implementado é Loran-C (Long Range Navigation).

B.3.11 - Técnicas de Espalhamento Espectral

Com técnicas de espalhamento de sinais, os métodos ToA e TDoA podem ser implementados através do uso de técnicas de correlação. Devido as características naturais da técnica de espalhamento de sinal o efeito negativo do multipath pode ser atenuado. Esta técnica é um princípio básico do sistema de localização já referido GPS.

B.3.12 - Vantagens e Desvantagens dos métodos anteriores

A técnica de rádio localização, ao contrário do *Dead-Reckoning* e dos Sistemas de Proximidade, aplica-se de uma forma natural em sistemas de comunicação sem fios uma vez que a localização baseia-se nos sinais rádio. Desta forma, a infra-estrutura pré instalada do sistema de comunicação sem fios pode ser utilizada para realizar localização, sendo apenas necessário desenvolver um método de localização sobre o sistema sem fios.

No futuro, os sistemas de comunicação celulares vão incorporar de raiz um método de localização standard para permitir um novo conjunto de prestações de serviços.

B.4 - Fontes de erros em Rádio-localização

O erro pode ser introduzido no processo de localização por variadas formas. Uma das formas é o equipamento que executa as medições de parâmetros utilizados na localização terem limitações na precisão, em sistemas AoA, TOA, TDoA e por potências

O ambiente local também tem um papel fundamental, se não o de maior importância na precisão da localização. Neste tópico não se vai abordar as questões levantadas pelo erro proveniente dos componentes mas o erro proveniente da propagação dos multi-percursos e da propagação sem linha de vista (NLOS).

B.4.1 - Propagação Multi-percursos

A propagação em multi-percursos é descrita como a recepção de várias cópias do mesmo sinal entre o emissor e receptor. As cópias do sinal combinadas podem atenuar ou aumentar o sinal, isto é, pode ser uma combinação construtiva ou destrutiva, respectivamente.

As várias cópias do sinal, quando recebidas no receptor, fazem com que seja muito difícil determinar correctamente a potência, o ângulo de chegada, tempo de chegada e a diferença de tempos de chegada do sinal.

Como já foi previamente referido, devido a grande variação da potência do sinal recebido devido ao fenómeno multi-percursos, torna muito difícil a utilização de um modelo matemático que prevê as perdas de potência do sinal. O método de mapa de potências atenua

erros como *multipath fading* e *shadowing* mas é uma aproximação que parte do princípio da topografia do local ser constante.

Em sistemas baseados em medição de tempos, o fenómeno multi-percursos causa erros na estimativa de tempos mesmo quando existe um percurso em linha de vista entre o móvel e a base. Mas em comparação com os métodos não baseados em tempo possuem uma melhor resposta em termos de precisão ao fenómeno em questão.

B.4.2 - Propagação NLOS

A propagação dos sinais em percursos sem linha de vista entre o emissor e receptor (NLOS) faz com que os sinais que chegam ao receptor tenham sido submetidos a reflexões e refacções percorrendo um percurso que não é o mais curto. Devido a estes problemas o fenómeno em causa afecta tanto sistemas CDMA como TDMA e FDMA.

Para sistemas de localização por potência do sinal existem modelos matemáticos, previamente referidos, tanto para micro como macrocélulas.

Para sistemas baseados no ângulo de chegada, maiores erros têm de ser considerados em microcélulas, onde a dispersão local na estação base é maior. Se o ângulo de chegada for o de um sinal que realizou um percurso muito diferente do percurso caso fosse em linha de vista, a linha de posicionamento para a estação base irá ter um elevado erro.

No caso de sistemas baseados em tempo, o efeito de propagação sem linha de vista entre o emissor e receptor faz com que o caminho percorrido pelo sinal seja maior, tornando a medida do tempo superior à necessária por forma a dar a circunferência de raio correcto. Os sistemas do tipo TDoA possuem uma certa imunidade ao efeito NLOS uma vez que caso os sinais recebidos pelas diferentes estações base tenham o mesmo atraso na propagação, a medição da localização não será afectada.

Em macrocélulas, no caso do GSM, o erro de localização provocado pelo fenómeno em causa varia entre 500 a 700 m.

O erro é tão elevado que se torna necessário aplicar métodos de eliminação do erro NLOS em localização. Um destes métodos é distinguir os sinais do tipo LOS dos NLOS medindo o desvio padrão das medições no método ToA durante um período de tempo. Com o conhecimento destes valores estatísticos, o erro devido ao NLOS pode ser atenuado.

A segunda aproximação é a utilização de algoritmos específicos que conseguem reduzir a contribuição do erro causado pelo NLOS no cálculo final da localização.